

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Analýza provozu kogenerační jednotky s plynovým spalovacím motorem

Analysis of the operation of a CHP unit with a gas internal combustion engine

2019/2020

Adam Pavlík

Zadání bakalářské práce

Student:

Adam Pavlík

Studijní program:

B0713A060005 Elektroenergetika

Téma:

Analýza provozu kogenerační jednotky s plynovým spalovacím motorem
Analysis of the operation of a CHP unit with a gas internal combustion engine

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky kombinované výroby elektřiny a tepla
2. Popis vybrané kogenerační jednotky (KGJ)
3. Zpracování dat získaných při jejím dosavadním provozu
4. Analýza a zhodnocení provozu KGJ
5. Možnosti zefektivnění provozu hodnocené KGJ

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Dvorský E., Hejtmánková P. : Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie, Praha, 2005
2. Bartoš, V.: Obnovitelné zdroje energií, Grada Publishing, Praha, 2010
3. Tabašek, M.: Energetické využití bioplynu v kogenerační jednotce se spalovacím motorem, Disertační práce, Ostrava, 2007.
4. Kapitolová, M.: Bioplynová stanice s kogenerací a následné využití bioplynu, Diplomová práce, Ostrava, 2008.
5. Vyšejnová, T.: Výroba, úprava a využití bioplynu v energetice a dopravě, Diplomová práce, Plzeň, 2011.
6. Slavíková, D.: Vliv bioplynových stanic na životní prostředí, Diplomová práce, Ostrava, 2011.
7. Krbek, J., Polesný, B.: Kogenerační jednotky - zřizování a provoz, Praha, 2007


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Moldřík, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020





prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 14.5.2020



Adam Pavlík

Poděkování

Děkuji panu Ing. Petru Moldříkovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a cenné rady, které mi pomohly při vypracování bakalářské práce. Poděkování patří také společnosti Rolnická a.s. z Hroznové Lhoty, která mi poskytla data pro vypracování této práce. Na závěr děkuji všem, kteří mi pomohli a podporovali mě při realizaci bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou a zhodnocením provozu kogeneračních jednotek instalovaných v rámci vybrané zemědělské bioplynové stanice. Teoretická část je rozdělena na tři hlavní kapitoly. První část obsahuje základní informace o kombinované výrobě elektřiny a tepla, přičemž je zde vysvětleno i základní rozdělení kogeneračních jednotek. Druhá část práce se zabývá výrobou a složením bioplynu, který je podstatnou surovinou pro bioplynové stanice. Třetí kapitola teoretické části je zaměřena na tyto stanice a jejich rozdělení podle různých technických kritérií. V praktické části této práce jsou pak zpracována a vyhodnocena získaná data o provozu vybrané bioplynové stanice. V poslední části práce jsou pak uvedeny návrhy pro zefektivnění jejího provozu.

Klíčová slova

Bioplyn, bioplynová stanice, fermentor, kogenerace, kogenerační jednotka

Abstract

This bachelor thesis describes analysis and evaluation of operation of cogeneration units installed within selected agricultural biogas station. The theoretical part is divided into three main chapters. The first part contains basic informations about combined production of heat and electricity, where also basic dividing of cogeneration units is explained. The second part describes production and composition of biogas which is an essential material for biogas plants. The third chapter of theoretical part is focused on these plants and their dividing according to different technical criteria. In the practical part of this thesis the obtained data about operation of this certain biogas station are processed and evaluated. In the last part of the thesis there are listed suggestions for streamlining its operation.

Key Words

Biogas, biogas station, fermentor, cogeneration, the CHP unit

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	1
Seznam ilustrací a seznam tabulek	2
Úvod	4
1 Kogenerace	5
1.1 Oblasti použití kogenerace	5
1.2 Kogenerační jednotka	6
1.2.1 Pohony v kogeneračních jednotkách	6
1.2.2 Kogenerační jednotka se spalovacím motorem	7
1.2.3 Kogenerační jednotky se spalovací turbínou	7
1.2.4 Mikroturbíny	8
1.2.5 Kogenerační jednotky s parní turbínou	9
1.2.6 Paroplynové kogenerační zdroje	9
1.3 Provedení kogeneračních jednotek	10
1.3.1 Mikrokogenerační jednotka	10
1.3.2 Kogenerační jednotka na rámu	10
1.3.3 Kogenerační jednotka v kapotě	11
1.3.4 Kogenerační jednotka v kontejneru	12
2 Bioplyn	13
2.1 Princip výroby bioplynu	13
2.2 Podmínky vzniku bioplynu	15
2.3 Složení bioplynu	16
3 Bioplynové stanice	18
3.1 Rozdělení podle vstupního materiálu	18
3.2 Rozdělení podle procesních stupňů	19
3.3 Rozdělení podle způsobu dávkování do fermentoru	20
4 Analýza provozu bioplynové stanice	22
4.1 Parametry bioplynové stanice	22
4.2 Analýza dat za rok 2015	24
4.3 Analýza dat za rok 2016	27
4.4 Analýza dat za rok 2017	30
4.5 Analýza dat za rok 2018	33
4.6 Analýza dat za rok 2019	36
5 Zhodnocení provozu bioplynové stanice	39

5.1	Elektrická energie	40
5.2	Teplo	41
5.3	Bioplyn	42
5.4	Poruchy a odstávky	46
6	Možnosti zefektivnění provozu	48
6.1	Vytápění budov	48
6.2	Trigenerace.....	48
6.3	Výměna kogenerační jednotky	50
6.4	Sušení zemědělských komodit	50
Závěr.....		52
Literatura.....		53
Přílohy.....		55

Seznam použitých symbolů a zkratk

%	– procenta	kW	– kilowatty
% _{obj}	– procento z objemu	m	– metry
°C	– stupeň Celsia	m ³	– metr krychlový
A	– Ampér	m ³ /h	– metr krychlový na hodinu
C _n H _{2n+1} SiO	– Siloxany	mg	– miligramy
C _n H _{2n+2}	– uhlovodíky	mg/m ³	– miligram na metr krychlový
CO ₂	– oxid uhličitý	MW	– megawatty
ČOV	– čistička odpadních vod	MWh	– megawatthodiny
DPH	- daň z přidané hodnoty	N ₂	– dusík
EE	– elektrická energie	NH ₃	– amoniak
GJ	– gigajoule	NO _x	– oxidy dusíku
h	– hodina	Obr.	– obrázek
H ₂	– vodík	ot/min	– otáčky za minutu
H ₂ O	– vodní páry	pH	– potencial hydrogen (vodíkový exponent)
H ₂ S	– sirovodíky	ppm	– parts per million (částic na jeden milion)
Hz	– hertze	t	– tuny
CH ₃ COOH	– kyselina octová	Tab.	– tabulka
CH ₄	– metan	TUV	– teplá užitková voda
KGJ	– kogenerační jednotka	V	– Volt
kPa	– kilopascaly		

Seznam ilustrací a seznam tabulek

Obr. 1 Zjednodušené schéma sdružené výroby tepla a elektrické energie [23]	5
Obr. 2 Popis základních částí kogenerační jednotky [3]	6
Obr. 3 Zjednodušené schéma kogenerační jednotky se spalovací turbínou [2]	8
Obr. 4 Popis mikroturbíny od firmy Capstone [6]	8
Obr. 5 Ukázka mikrokogenerační jednotky od firmy Amper Generation [23]	10
Obr. 6 Ukázka kogenerační jednotky položené na rámu od firmy TEDOM [24]	11
Obr. 7 Ukázka kogenerační jednotky v kapotě od firmy TEDOM [24]	11
Obr. 8 Ukázka kogenerační jednotky v kontejneru od firmy Amper Generation [23]	12
Obr. 9 Zjednodušené schéma procesu anaerobní fermentace [11]	13
Obr. 10 Zjednodušený popis zemědělské bioplynové stanice [12]	18
Obr. 11 Ukázka jednostupňové fermentace – A a dvou stupňové fermentace – B [11]	20
Obr. 12 Ukázka fermentorů s kontinuálním dávkováním [11]	20
Obr. 13 Ukázka semikontinuálního dávkování do fermentoru [12]	21
Obr. 14 Zjednodušený princip fungování diskontinuálního dávkování [11]	21
Obr. 15 Bilance elektrické energie za rok 2015	25
Obr. 16 Tepelná bilance bioplynové stanice za rok 2015	26
Obr. 17 Bilance elektrické energie za rok 2016	28
Obr. 18 Tepelná bilance bioplynové stanice za rok 2016	29
Obr. 19 Bilance elektrické energie za rok 2017	31
Obr. 20 Tepelná bilance bioplynové stanice za rok 2017	32
Obr. 21 Bilance elektrické energie za rok 2018	34
Obr. 22 Tepelná bilance bioplynové stanice za rok 2018	35
Obr. 23 Bilance elektrické energie za rok 2019	37
Obr. 24 Tepelná bilance bioplynové stanice za rok 2019	38
Obr. 25 Nakoupená elektrická energie za vybrané roky	40
Obr. 26 Celková spotřeba elektrické energie	41
Obr. 27 Grafické znázornění vstupních materiálů	44
Obr. 28 Grafické znázornění kvality bioplynu	45
Obr. 29 Graficky znázorněny odstávky kogeneračních jednotek	47
Obr. 30 Ukázka absorpční jednotky od firmy TEDOM [24]	48
Obr. 31 Chladírenský kontejner od firmy BRATŘI HORÁKOVÉ s.r.o. [27]	50
Obr. 32 Pásová sušárna od firmy STELA [28]	51
Tab. 1 Složení bioplynu [11]	16
Tab. 2 Provozní data za 1. polovinu roku 2015	24
Tab. 3 Provozní data za 2. polovinu roku 2015	24
Tab. 4 Provozní data za 1. polovinu roku 2016	27
Tab. 5 Provozní data za 2. polovinu roku 2016	27
Tab. 6 Provozní data za 1. polovinu roku 2017	30
Tab. 7 Provozní data za 2. polovinu roku 2017	30
Tab. 8 Provozní data za 1. polovinu roku 2018	33
Tab. 9 Provozní data za 2. polovinu roku 2018	33
Tab. 10 Provozní data za 1. polovinu roku 2019	36

Tab. 11 Provozní data za 2. polovinu roku 2019.....	36
Tab. 12 Roční srovnání získaných dat	39
Tab. 13 Tabulka nejčastějších hodnot vstupních materiálů do fermentoru.....	42
Tab. 14 Průměrných hodnot vstupního materiálu	43
Tab. 15 Tabulka kvality bioplynu	44
Tab. 16 Tabulka odstávek bioplynové stanice	46
Tab. 17 Pořizovací náklady na pořízení absorpční jednotky [25].....	49

Úvod

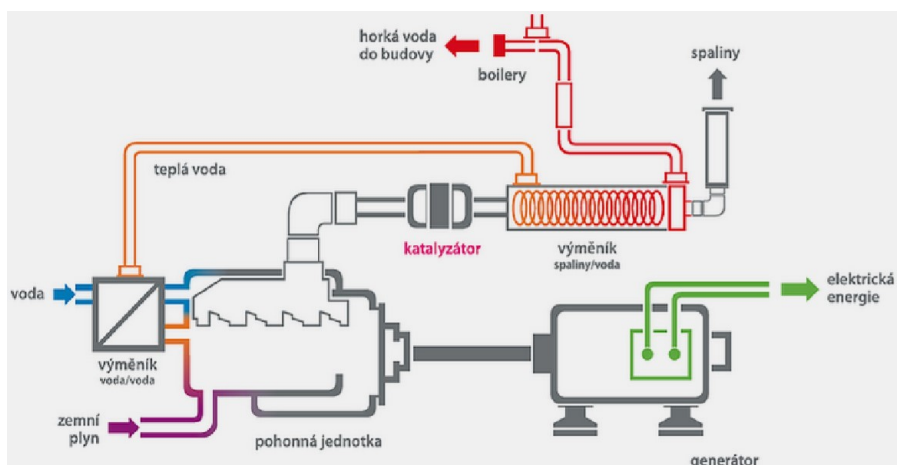
V dnešním moderním světě si nedokážeme představit život bez elektrické energie. Jedná se o nejvíce všestrannou formu energie, kterou dokážeme vyrábět a přenášet na dlouhé vzdálenosti. Pohání naše města, továrny a domovy, zkrátka se s ní setkáváme na každém kroku. Zvyšující se životní komfort nebo růst světové populace má za následek vyšší poptávku po elektrické energii. Dosavadně nejvíce vyrobené elektrické energie pochází spalováním fosilních paliv, na kterém je lidská civilizace závislá. Výskyt fosilních paliv je nerovnoměrně rozmístěn po celém světě, čímž jeho doprava a spalování má značné dopady na změnu životního prostředí. S rostoucím trendem ochrany životního prostředí začalo hledání po tzv. alternativním zdroji elektrické energie, který by svým provozem dále nezatěžoval životní prostředí. Jedním z tzv. alternativních zdrojů je bioplynová stanice. Bioplynová stanice zpracovává rostliny, plodiny a v některých případech odpad, vyskytující se v jejím okolí. Vhodně umístěná bioplynová stanice přispívá k vyrovnaní výroby a spotřeby elektrické energie. Elektrická energie pak nemusí být přenášena stovky kilometrů dlouhým vedením z místa výroby do místa spotřeby. Takové rovnoměrněji postavené elektrárny pak mají za následek snižování ztrát, které vznikají při přenosu elektrické energie.

Téměř každá bioplynová stanice je vybavena kogenerační jednotkou. Kogenerační jednotka kombinuje výrobu elektrické energie s výrobou tepla. Takto vzniklá elektrická energie se nejčastěji dodává do elektrické rozvodné sítě. Vzniklým teplem se primárně ohřívají fermentory, které pro činnost anaerobního procesu potřebují stabilní teplotu. Přebytké teplo může být potom využito pro různé účely.

1 Kogenerace

Kogenerace, tedy kombinovaná výroba elektřiny a tepla, je vítaným provedením při výrobě elektřiny. Nejen že využívá primární elektrickou energii, ale také odpadní teplo, které při výrobě vzniká. Toto teplo je dodáváno spotřebiteli, a tím snižuje spotřebu elektrické energie. Využívání odpadního tepla pro výrobu chladu je nazýváno trigenerací. [1]

Na území České republiky je v provozu mnoho kotlen, které nejčastěji spalují uhlí nebo zemní plyn. Často jen pro ohřev teplé vody, kterou využívají městské budovy, školy atd. Proto se zde může využít kogenerační jednotka, která je kombinovanou výrobou více efektivní, a tím šetrnější k životnímu prostředí. Využívá se také ostrovního provozu, který může být využíván v nemocnicích, jako záložní zdroj elektrické energie. [3]



Obr. 1 Zjednodušené schéma sdružené výroby tepla a elektrické energie [23]

1.1 Oblasti použití kogenerace

Ve městech se místo kotlen spalující uhlí, či zemní plyn, instalují kogenerační jednotky. Jednoznačnou výhodou je kombinovaná výroba, tedy výroba a následné využití elektrické a tepelné energie. Oproti spalování uhlí dojde ke snížení poletavého prachu, který znečišťuje ovzduší. Také je tím přispíváno k decentralizaci výroby elektřiny. To znamená, že se elektrická energie spotřebovává tam, kde se jednotka nachází. Decentralizaci výroby elektřiny také dochází k minimalizaci ztrát na distribuci elektrické energie. Oblasti použití kogenerační jednotky: [3,4]

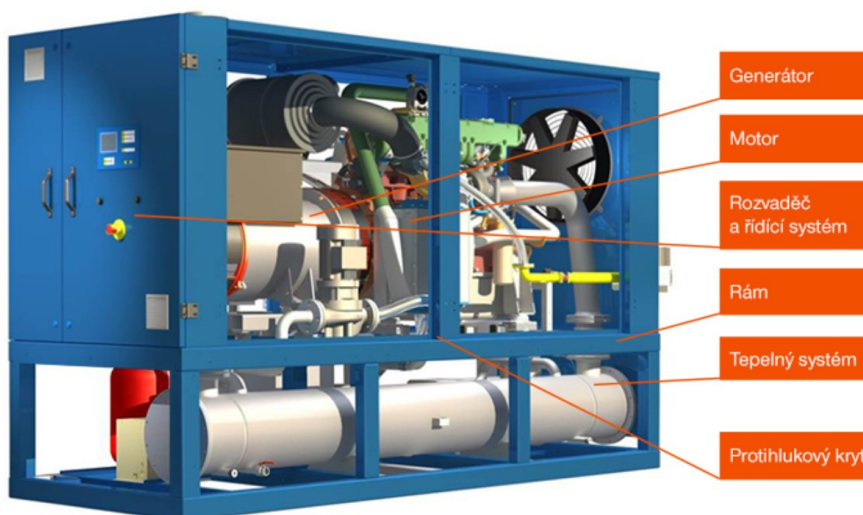
- Městské tepelné zdroje využívají kogenerační jednotku, která je připojená do soustavy centrálního zásobování tepla a nahrazuje teplárny. Mimo to je kogenerační jednotka zapojena do elektrizační sítě, kde dodává elektrickou energii. Tohoto typu se využívá jen při dostatečné poptávce po odběru tepla, a také nesmí docházet k dlouhým odstávkám. Kladen je také důraz na celkové velikosti kogenerační jednotky se všemi periferiemi. S ohledy na velikost se jako palivo pro kogenerační jednotku používá zemní plyn. [3,4]
- U nemocnic pro svou poměrně stabilní a vysokou spotřebu teplé vody je využití kogenerační jednotky ekonomicky příhodné, při letních měsících lze využít trigeneraci pro výrobu chladu. Kogenerační jednotky také spalují zemní plyn. Díky kogeneraci lze vyráběná elektrická energie

použit jako záložní zdroj. V takovém případě bude chod kogenerační jednotky v ostrovním systému. [3]

- Velké průmyslové podniky mají velkou spotřebu teplé vody, proto i zde se využívají kogenerační jednotky. Pro svou kombinovanou výrobu, lze využít vyrobenou elektrickou energii na pokrytí vlastní spotřeby elektrické energie. V případě poruchy může posloužit jako záložní generátor. [3,4]
- Administrativní budovy, školy, obchodní, sportovní zařízení mají velkou spotřebu teplé vody v době topné sezóny, spotřeba v letních měsících je minimální. Pro rovnoměrnější spotřebu i v letních měsících doplníme kogenerační jednotku o absorpční jednotku. [3,4]

1.2 Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka se skládá ze čtyř základních částí, tou je spalovací motor, elektrický alternátor, tepelných výměníků včetně propojení tepelné rozvodné sítě, řídicího a kontrolního systému. Dodaná energie ve formě paliva, se ve spalovacím motoru přemění na teplo a mechanický pohyb. Teplo je odváděno z pláště motoru vodou do sekundárního výměníku. Ze sekundárního výměníku pokračuje předané teplo dále do tepelné rozvodné sítě. Mechanický pohyb se dále přeměňuje v alternátoru na elektrickou energii. Řídicí a kontrolní systémy zajišťují klidný chod stroje, a také přifázování alternátoru na veřejnou síť a odpojení v případě poruchy. [2,5]



Obr. 2 Popis základních částí kogenerační jednotky [3]

1.2.1 Pohony v kogeneračních jednotkách

Nejčastějšími pohony v kogeneračních jednotkách jsou použity:

- spalovací motor (pístový motor)
- spalovací turbíny
- parní turbíny
- paroplynová (kombinována) zařízení
- mikroturbíny

1.2.2 Kogenerační jednotka se spalovacím motorem

Spalovací motor, který je pohonnou jednotkou kogenerační jednotky, je pístový motor s vnitřním spalováním, který se moc neliší od motorů např. v lodích, vozidlech nebo trakcích. Spalovací motory v kogeneračních jednotkách jsou rekonstruovány pro spalování zemního plynu. Dochází k úpravě především palivového systému a spalovacího prostoru. Spalovací motory v kogenerační jednotce se tak jako klasické spalovací motory rozdělují podle způsobu zapálení směsi vzduchu a paliva ve válci na: [2, 5]

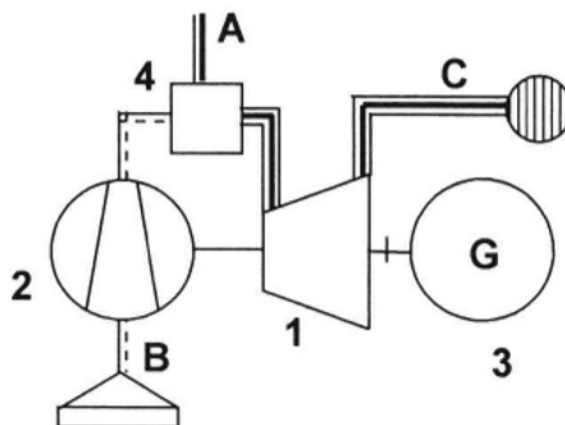
- vznětové motory
- zážehové motory

Vznětové motory principiálně využívají samovznícení paliva, které se vstříkne do horkého stlačeného vzduchu ve válci. Jednotkový výkon může být až 25 MW a účinnost těchto motorů je 35 % až 45 %. U moderních vznětových motorů, které mají vysoký kompresní poměr a používají zpožděné zapalování a hoření, dochází ke snížení emisí NO_x a to při stejné účinnosti a jednotkovém výkonu. [2, 5]

Zážehové motory k zapálení směsi, tedy paliva a vzduchu, využívají elektrickou jiskru. Konstrukce pístového bloku je tedy složitější, ale nedochází k takovému tlakovému namáhání. Účinnost těchto motorů se pohybuje mezi 27 % až 43 %. Zážehové motory užívající předkomůrku mají obdobně velkou účinnost jako vznětové motory tedy 43 %. [2, 5]

1.2.3 Kogenerační jednotky se spalovací turbínou

Princip KGJ je velice známý, v základu část pro výrobu elektrické energie připomíná jakoukoliv elektrárnu, ale místo páry turbínu pohání spaliny. Na jednoduchém schématu (Obr. 3) je vyobrazen kompresor, který vhání do spalovací komory vzduch. Dále se tam nachází samotná spalovací komora, kde se míchá vháněný vzduch s palivem. Tato směs paliva a vzduchu se zapálí a vzniknou spaliny, které se dopraví do turbíny a následně v turbíně expandují. Tím předají energii turbíně, která je připojená přes spojku na generátor. Ten mechanický výkon z turbíny přemění na elektrickou energii. Dosud jde jen o výrobu elektrické energie. Dalším, co lze využít je odpadní teplo, které by se jinak zmařilo. Proto mezi turbínu a komín je přidán tepelný výměník, který ještě tak horké spaliny ochladí, a tím vznikne teplá voda. Nyní se vyrábí elektrická energie a teplá voda, jde tedy o kombinovanou výrobu. [2,5]

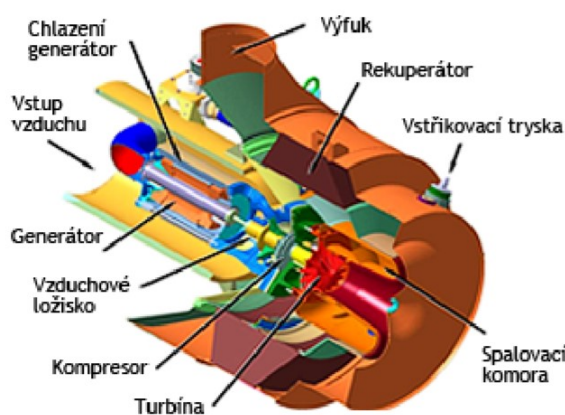


1 turbína, 2 kompresor, 3 elektrický generátor; 4 spalovací komora;
A přívod paliva, B přívod vzduchu, C odvod spalín

Obr. 3 Zjednodušené schéma kogenerační jednotky se spalovací turbínou [2]

1.2.4 Mikroturbíny

Mikroturbíny jsou vysoko otáčkové plynové turbíny malého výkonu. Výkon se u mikroturbín pohybuje do 1 MW, vyšší výkony, už se ekonomicky nevyplatí. Mikroturbíny se skládají z kompresoru, spalovací komory, rekuperátoru, turbíny, vysokofrekvenčního generátoru a frekvenčního měniče, přičemž kompresor i turbína jsou na stejné hřídeli. Jelikož jde také o vysoko otáčkový stroj, otáčky dosahující až 100 000 ot/min, tak musí být použit vysokofrekvenční generátor spolu s frekvenčním měničem. Frekvenční měnič upravuje elektrické parametry pro připojení do sítě, nebo také pro ostrovní chod. Díky jednoduchému uspořádání jednotlivých součástí, jsou prostorově menší než KGJ se spalovacím motorem, dochází tedy k úspoře místa. Díky malému a jednoduchému tvaru mají menší ztráty sáláním, což vede k lepší tepelné účinnosti. Využité jsou dále spaliny, které pokračují do rekuperátoru, kde předeřívají spalovací vzduch. Dále pokračují do tepelného výměníku, kde ohřívají teplou vodu. Tímto uspořádáním se výrazně zvýší hospodárnost s palivem, a tím i účinnost samotné mikroturbíny. [6]



Obr. 4 Popis mikroturbíny od firmy Capstone [6]

1.2.5 Kogenerační jednotky s parní turbínou

Kogenerační jednotky s parní turbínou pracují na již známém modelu, jako u předchozí KGJ se spalovací turbínou s tím rozdílem, že palivo i spaliny se využívají na vytvoření páry. Proto lze jako palivo použít uhlí, plyn atd. Rozdělení je podle způsobu zapojení parní turbíny, a to na parní turbínu protitlakovou nebo parní turbínu kondenzační. [1]

Protitlaková parní turbína: jedná se o nejjednodušší způsob zapojení kogeneračního systému. Vytvořená pára vchází do turbíny. Expanduje, produkuje mechanickou energii, která se v alternátoru přeměňuje na energii elektrickou. Vycházející pára z parní turbíny má relativně nízký tlak a používá se k ohřevu teplé vody. Samotným uspořádáním je dosaženo vyšší účinnosti než u kondenzační turbíny, ale nelze vyrábět elektrickou energii bez odběru teplé vody. Spaliny, které mají vysokou teplotu lze ještě využít buď jako přehřev spalovacího vzduchu nebo k přehřívání páry. Přehřev spalovacího vzduchu se pozitivně podílí na průběhu spalování, tím se zvyšuje efektivita KGJ. Přehřívání páry zvyšuje teplotu páry, a tím i energetický ekvivalent. [1,6]

Kondenzační parní turbína: jedná se o typ zapojení, který se převážně soustřeďuje na výrobu elektrické energie, proto vystupující pára z turbíny míří do kondenzátoru, kde zkondenzuje. Toto zapojení lze upravit pro kogenerační provoz tím, že se ve vhodném místě expanze odebírá pára. Zapojení s odběrem je umožněno tzv. odběrovou turbínou. Pára, která se odebírá může být použita pro ohřev teplé vody nebo topné účely. Odběr teplé vody se využije jen v určité části roku pro vytápění a po zbytek roku se vyrábí jen elektrická energie. Také lze využít spaliny pro přehřev spalovacího vzduchu nebo pro přehřívání páry. [2,7]

1.2.6 Paroplynové kogenerační zdroje

Jedná se o zařízení, které je kombinací obou předešlých způsobů, a to využití spalin pro výrobu EE i vytvoření páry. Páru pak lze využít pro výrobu elektrické energie a dále pro ohřev teplé vody. Tato kombinace je často používána v průmyslu pro svou účinnost. Tímto uspořádáním je dosaženo kombinované účinnosti až 58 %. Nejčastějším palivem paroplynových zdrojů je zemní plyn, ovšem dají se využít i různá plynná paliva, např. plyn po zplynování uhlí, nebo bioplyn. Pohon pak může být zajištěn spalovací turbínou nebo spalovacím pístovým motorem. Oba pohony jsou pak doplněné o parní kotel, který je připojený na odvod spalin, kde využívá odpadní teplo. [2,8]

1.3 Provedení kogeneračních jednotek

Provedení kogeneračních jednotek je různé. Může být umístěna v prostorech rodinného domu, ale i v průmyslových závodech. Lze také vybrat z široké škály výkonů kogeneračních jednotek.

1.3.1 Mikrokogenerační jednotka

Toto provedení kogenerační jednotky má výhodu v tom, že velikost dovoluje montáž téměř kdekoli. Provedení také disponuje protihlukovou kapotou, to znamená, že je zaručen velmi tichý chod, a to i v bezprostřední blízkosti. Tichý chod kogenerační jednotky dovoluje montáž i v rodinném domě. Výhodou je snadné připojení do tepelného systému domu, i samotné připojení do elektrické sítě. Vyrobená elektrická energie pak může pokrýt běžný provoz domácnosti a zbylou tepelnou energii lze využít pro ohřev teplé vody. Provoz mikrokogenerační jednotky obstarává řídicí systém, který mikrokogenerační jednotka disponuje. [16]



Obr. 5 Ukázka mikrokogenerační jednotky od firmy Amper Generation [23]

1.3.2 Kogenerační jednotka na rámu

Základní provedení kogenerační jednotky je umístění na rám. Na rám společně se spalovacím motorem a elektrickým generátorem se nachází i nejdůležitější součásti kogenerační jednotky. Hluk a sálavé teplo při provozu unikají do prostoru, a proto je nevhodné je umísťovat v domech. Vhodnějším umístěním takové kogenerační jednotky je v odhlučněných strojovnách. Výhodou je pak snadná přístupnost při servisu a nižší cena oproti kogenerační jednotce s protihlukovou kapotou. [17, 18]



Obr. 6 Ukázka kogenerační jednotky položené na rámu od firmy TEDOM [24]

1.3.3 Kogenerační jednotka v kapotě

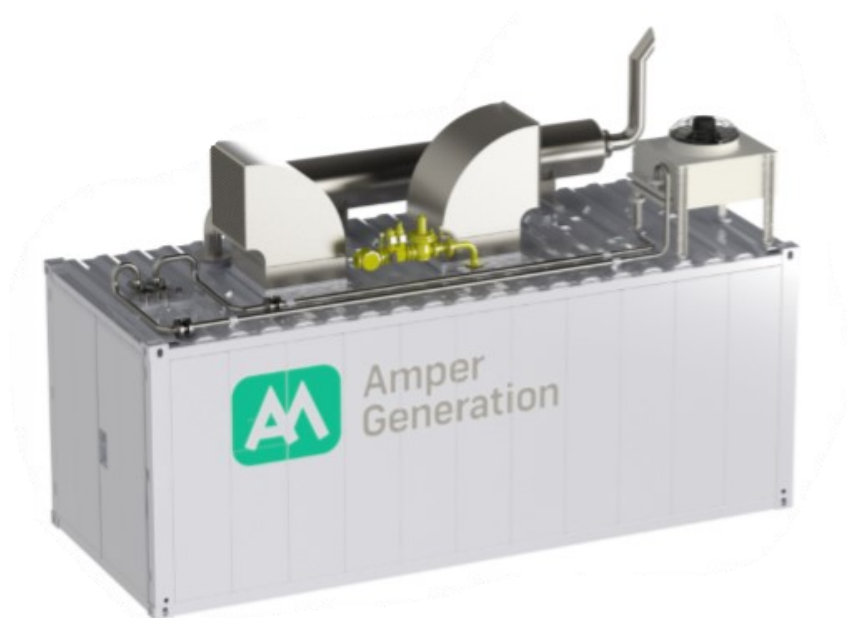
Kogenerační jednotka s kapotou má stejné uspořádání jako kogenerační jednotka na rámu s tím rozdílem, že všechny součásti jsou ukryté pod protihlukovou kapotou. Kogenerační jednotka s protihlukovou kapotou je určena pro umístění v budovách, ovšem pro svoji velikost není vhodná do rodinných domů. Díky kapotě není potřeba speciálně upravovat místnost ve které se instaluje, proto se jedná o nejprodávanější kogenerační jednotku. [18, 19]



Obr. 7 Ukázka kogenerační jednotky v kapotě od firmy TEDOM [24]

1.3.4 Kogenerační jednotka v kontejneru

Při použití kogenerační jednotky mimo obytné či průmyslové budovy musí být kogenerační jednotka v kontejneru. Kontejner pak disponuje protihlukovou izolací, výfukovým tlumičem, radiátorovými chladiči, elektrickým rozvaděčem, spalovacím motorem, elektrickým generátorem atd. Koncentrace všech součástí kogenerační jednotky v kontejneru umožňuje snadnou instalaci, ale i odolnost proti přírodním vlivům (déšť, vítr, sníh, atd). [18, 19]



Obr. 8 Ukázka kogenerační jednotky v kontejneru od firmy Amper Generation [23]

2 Bioplyn

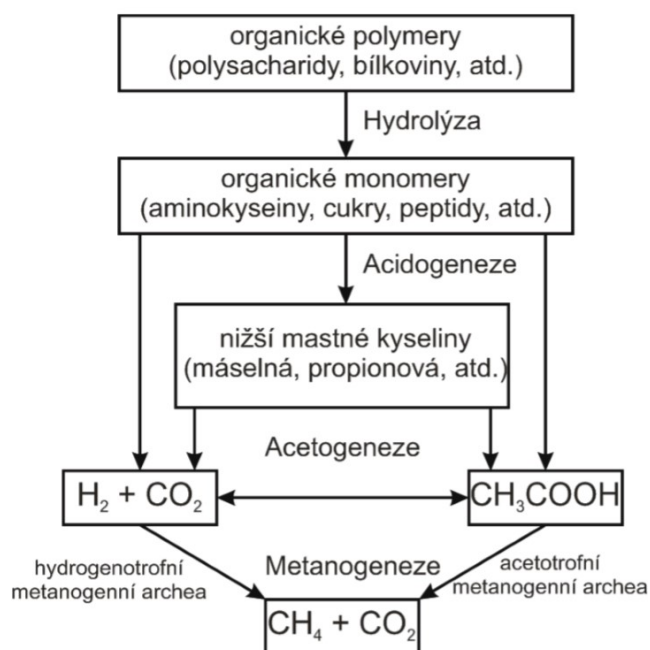
Bioplyn jako produkt bioplynové stanice, je to směsice plynu jako: metan, oxidu uhličitý, dusík, vodní pára a kyslík. Směsice plynu vzniká při anaerobní fermentaci neboli bez přístupu vzduchu a je dále spotřebována jako palivo pro kogenerační jednotky. Bioplyn a jeho výhřevnost a tím i efektivita celkové přeměny závisí na poměrech plynu ve směsi. Směs bioplynu přímo závisí na vstupním materiálu do fermentoru. Při výrobě bioplynu je nutno dodržovat určitá pravidla, aby nedošlo k zastavení činnosti bakterii nebo v nejhorším případě vymření nutných bakterií.

2.1 Princip výroby bioplynu

Výroba bioplynu je biochemický proces, při kterém dochází k rozkládání organických látek anaerobními mikroorganismy bez přístupu kyslíku. Celý proces je nazýván anaerobní fermentace. Konečným produktem anaerobní fermentace je tzv. stabilizovaná organická hmota. Při procesu vzniká směsice plynu přibližně v tomto složení, přibližně 60 % metanu (CH_4), 30 % oxidu uhličitého (CO_2), 5 % vodní páry a 5 % směs plynů dusíku (N_2), vodíku (H_2) a kyslíku (O_2). [10,11]

Celou anaerobní fermentaci lze rozdělit na čtyři fáze, a to na:

- hydrolýzu
- acidogenezi
- acetogenezi
- methanogenezi



Obr. 9 Zjednodušené schéma procesu anaerobní fermentace [11]

Hydrolýza

Hydrolýza je první fáze v procesu anaerobní fermentace. Dochází ke štěpení složitých organických látek, jako jsou polymerní látky: polysacharidy, tuky a bílkoviny, na jednodušší organické látky aminokyseliny, monosacharidy a mastné kyseliny. Rychlost štěpení do značné míry závisí na velikosti, tvaru povrchu vstupního materiálu. Vstupní materiál obsahující polysacharidy (celulóza, škrob) se rozkládá mnohem pomaleji, než materiály obsahující tuky a bílkoviny. [11, 12]

Acidogeneze

Acidogeneze je druhou fází v procesu anaerobní fermentace. V tomto procesu se produkty hydrolýzy dále rozkládají na nižší mastné kyseliny, kyselinu mléčnou a alkoholy. Během procesu se také uvolňují plyny jako oxid uhličitý (CO_2) a vodík (H_2). Tyto plyny jsou nadále využity v methanogenezi na tvorbu metanu. [11, 13]

Acetogeneze

Acetogeneze navazuje na acidogenezi a je třetí fází v procesu anaerobní fermentace. Acetogenní proces dále přeměňuje mastné kyseliny a alkohol, který methanogenní bakterie nemohou přeměnit, na kyselinu octovou, oxid uhličitý a vodík. Vzniklý vodík, pak zvyšuje parciální tlak vodíku, který má negativní vliv na acetogenní proces. Dochází přitom k inhibované oxidaci kyseliny mastné. To znamená, že dojde ke snížení produkce kyseliny octové, vodíku a oxidu uhličitého. Proto acetogenní bakterie musí být v symbióze s methanogenními bakteriemi, které vzniklý vodík přeměňují na metan, a tím snižují parciální tlak. Snížený parciální tlak vodíku je nutný k efektivnímu průběhu acetogenního procesu. [10, 12]

Methanogeneze

Čtvrtou a polední fází anaerobní fermentace je tvorba metanu. Na tvorbě metanu, který je majoritní složkou bioplynu, se podílejí acetotrofní a methanogenní bakterie, které vytvářejí metan (CH_4) z kyseliny octové (CH_3COOH). Dále se podílejí hydrogenotrofní a methanogenní bakterie, které metan vytvářejí z oxidu uhličitého (CO_2) a vodíku (H_2). Tvorba metanu z kyseliny octové tvoří až 2/3 vytvořeného metanu, zbylá 1/3 připadá na tvorbu metanu z oxidu uhličitého a vodíku. Methanogeneze je nejdůležitějším, a i nejdéle probíhajícím procesem v anaerobní fermentaci. Proto je tomu potřeba přizpůsobit dávkování organických látek, aby nedošlo k přetížení fermentoru. [13, 14]

Celý proces anaerobní fermentace, tedy všechny čtyři zmíněné fáze, probíhají po sobě. Při provozu, však všechny čtyři fáze probíhají současně. Bioplynová stanice může být rozdělena na jednostupňovou či vícestupňovou fermentaci. Při jednostupňové fermentaci musejí být splněny rozdílné požadavky jednotlivých fází, proto se hledá kompromis. Opak tomu je u vícestupňové fermentaci, kde je technologicky oddělena hydrolytická/acidogenní fáze od acetogenní a methanogenní fáze. Acetogenní a methanogenní fáze od sebe nelze úplně prostorově oddělit vzhledem k syntrofickému vztahu. Pak se podmínky v jednotlivých stupních lépe přizpůsobí dané bakterii, která se zde nachází. Díky tomu lze dosáhnout efektivního a vyššího výkonu při rozkladu. [14, 15]

2.2 Podmínky vzniku bioplynu

Pro anaerobní proces je nutno zajistit specifické podmínky pro optimální provoz. Samotné fáze anaerobního procesu mají různé požadavky na teplotu nebo pH. Jednou z nejdůležitějších podmínek je tedy bezkyslíkaté prostředí. [12]

Kyslík

Při anaerobní fermentaci musí být zajištěno bezkyslíkaté prostředí, to ovšem nelze vždy splnit. Například při plnění fermentoru dochází k nepatrnému vniku kyslíku. Vzhledem ke konstrukci fermentoru nelze zajistit dokonalou těsnost. Při vniknutí malého množství kyslíku zmíněnou nebo jinou cestou, nedochází ve fermentoru k okamžité inhibici, tedy následné vymírání bakterií v methanogenezní fázi. Malé množství vniklého kyslíku je spotřebováno ostatními bakteriemi, které žijí v symbióze se zmíněnými bakteriemi v methanogenezi. Tyto bakterie jsou fakultativně anaerobní, to znamená, že dokáží žít, jak v aerobním prostředí, kde spotřebovávají kyslík, tak v anaerobním prostředí, kde dokáží přežít. Vniklý kyslík je těmito bakteriemi spotřebován a nedojde k poškození methanogenních bakterií. [12, 15]

Teplota

Celý proces anaerobní fermentace a bakterie v jednotlivých procesech je závislý na teplotě dodávané do fermentoru. Proto je snaha dosáhnout teplotního optima, pro každý proces anaerobní fermentace. Nedodržení optimální teploty, může dojít ke zpomalení nebo i k zastavení procesu přeměny, v nehorším případě k vymírání náchylných bakterií. Fermentační proces se dělí do tří skupin: [12, 15]

- psychofilní 25 °C
- mezofilní 32-42 °C
- termofilní 48-57 °C

Psychofilní teplotní režim není v bioplynových zařízení využíván, a to pro svou nízkou produkci bioplynu. Při psychofilních teplotách nedochází k vyhřívání substrátu ve fermentoru. Nejčastěji využívaným teplotním režimem je mezofilní. V mezofilním rozmezí teplot má své optimum největší část metanových bakterií, to znamená vyšší produkci bioplynu. Také se jedná o režim s vysokou procesní stabilitou. Termofilní teplotní režim je díky vysokým teplotám využíván pro hygienizaci, tedy zničení zdraví škodlivých zárodků v substrátu. Pro svou vysokou teplotu dosahuje nejvyšší produkci bioplynu. Vysoká teplota znamená energetický náročnější ohřívání fermentoru, a také náchylnost termofilního způsobu ohřevu na nepravidelných dodávkách substrátu. Nejvyšší náchylnost je pak v zimních měsících, kdy se dodává substrát s nízkou teplotou. [15, 12]

pH

Jednotlivé procesy anaerobní fermentace mají rozdílnou optimální hodnotu pH. Optimální hodnota pH pro hydrolyzující a kyselinotvorné bakterie je 4,5, až 6,3. Hodnota pH u bakterie produkující kyselinu octovou a metan, v procesu acetogeneze a methanogeneze, je v rozmezích 6,8, až 7,5. Při malém zvýšení pH je aktivita bakterií nepatrně zpomalena. Uvnitř fermentoru, jak už u jednostupňového, či vícestupňového systému se hodnota pH samovolně nastaví, a to díky alkalickým a kyselým produktům látkové výměny. [12, 14]

Živiny

Množství vyrobeného metanu v bioplynové stanici převážně závisí na podílu proteinů, tuků a uhlohydrátů ve vstupním materiálu. Pro správný růst a přežití bakterií musí být společně s tímto materiálem dodávány i živiny. Živiny jako nikl, kobalt, železo musí být ve vstupním materiálu dodány v dostatečném množství, aby nedošlo k projevení negativních důsledků jako zpomalení růstu. Různý vstupní materiál do fermentoru jako prasečí kejda, kukuřičná siláž, travní senáž a řepné řízky se také kladně projeví na správném růstu bakterií. [12, 14]

Míchání

Míchání nebo promíchávání materiálu ve fermentoru je pro efektivitu anaerobní fermentaci důležité. Bakterie, které rozkládají vstupní materiál se díky vyšší hustotě ukládají na dně fermentoru. Na dno fermentoru se čerstvě dodaný vstupní materiál jen z těžší dostává, ale přece jen tam dochází k rozkladu pomocí přítomných bakterií. Při rozkladu bakteriemi na dně fermentoru vznikají plyny, ty potom ze dna nádoby unikají na povrch. Na povrchu jsou plovoucí vrstvy naplavených látek, kde plyn ze dna fermentoru vytváří pěnu. Vytvořená pěna pak zadržuje plyn, který se dále může využívat k fermentačním, či kogeneračním procesům. Pro zamezení usazování bakterií na dno, které zpomaluje fermentační proces, a i minimalizovat tvorbu sedimentu, musí docházet k promíchávání materiálu ve fermentoru. Dalšími výhodami míchání je, že materiál ve fermentoru má rovnoměrněji rozloženou teplotu. Dále se živiny a čerstvý vstupní materiál dostávají rychleji k bakteriím, ty potom vylučováním nevytváří pěnu na povrchu. Poslední výhodou je rozptýlení toxických látek, které vznikají při fermentaci a mají negativní dopady na fermentační proces. Přesto by nemělo docházet k silnému míchání materiálu ve fermentoru. Silné míchání má negativní účinky na některé druhy bakterií, které žijí v symbióze. Může dojít k rozvíření bakterií, které následně vymřou přerušením vzájemné symbiózy. [11, 15]

2.3 Složení bioplynu

Složení bioplynu je důležitým aspektem v celém procesu kogenerace. Proto je snaha, aby v ideálním případě byly jen dva majoritní plyny, a to metan a oxid uhličitý. Z praktického hlediska se ve složení bioplynu vyskytuje mnoho dalších minoritních plynů. Koncentrace jednotlivých složek lze vidět v následující tabulce Tab. 1. [12, 15]

Tab. 1 Složení bioplynu [11]

Sloučenina	Chemický vzorec	Koncentrace
Metan	CH ₄	50-70 (% _{obj})
Oxid uhličitý	CO ₂	30-45 (% _{obj})
Dusík	N ₂	0-5 (% _{obj})
Kyslík	O ₂	<1 (% _{obj})
Uhlovodíky	C _n H _{2n+2}	<1 (% _{obj})
Sirovodíky	H ₂ S	0-0,5 (% _{obj})
Amoniak	NH ₃	0-0,05 (% _{obj})
Vodní páry	H ₂ O	1-5 (% _{obj})
Siloxany	C _n H _{2n+1} SiO	0-50 mg/m ³

Koncentrace složek, které jsou v tabulce má širokou mez, a to proto, že samotný obsah složek v bioplynu je ovlivněn vstupním materiálem do fermentoru. Proto se volí takový vstupní materiál, aby bylo dosaženo největší výtěžnosti methanu. Složení hraje také významnou roli při spalování bioplynu v kogeneračních jednotkách. Spalování metanu se zbytky vodních par negativně ovlivňuje účinnost kogeneračních jednotek. [12, 15]

3 Bioplynové stanice

Bioplynové stanice představují nový energetický zdroj, který je nejen šetrnější k životnímu prostředí, ale také jejich umístění napomáhá k rovnoměrnému rozložení elektrických zdrojů v elektrické síti. Při provozu bioplynové stanice lze využít i další produkty kromě elektrické energie. Patří mezi ně přebytečná tepelná energie, která se využívá pro ohřev vody uvnitř farmy nebo také při sušení zemědělských komodit. Dále mezi ně patří produkce hnojiv z digestátu, které lze zpětně aplikovat na živočišnou výrobu, nebo v některých případech lze zpracovat komunální bioodpad. [9, 10]

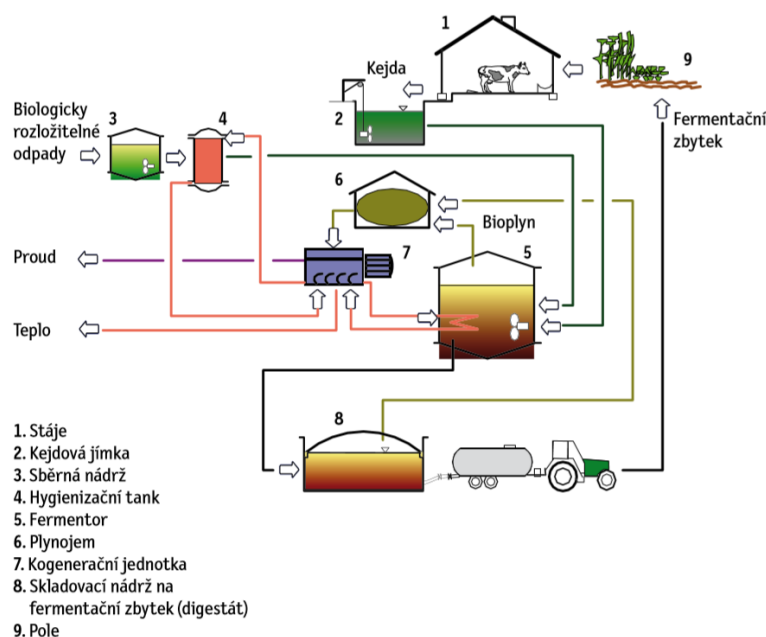
3.1 Rozdělení podle vstupního materiálu

Jedno z nejčastějších rozdělení bioplynových stanic je podle vstupního materiálu. Vstupní materiál ovlivňuje mnoho aspektů v bioplynové stanici. Například přepravu vstupního materiálu do fermentoru, potřeba míchání materiálu ve fermentoru a mnoho dalších. Rozdělení bioplynových stanic podle vstupního materiálu: [11]

- zemědělské bioplynové stanice
- čistírenské bioplynové stanice
- ostatní bioplynové stanice

Zemědělské bioplynové stanice

Jedná se o nejrozšířenější bioplynové stanice ze zmíněných. Zpracovávaným materiálem jsou suroviny rostlinného a živočišného původu. Nejčastějším vstupním materiálem je kejda a kukuřičná siláž. Tyto materiály jsou nejvíce zastoupeny pro svou maximální výtěžnost bioplynu. Ovšem fermentory se plní také travní senáží a řepnou natí, pro dodání potřebných živin mikroorganismům. Výhodou zemědělských bioplynových stanic je relativně jednoduchá technologie, nenáročný provoz a zpracování dosud nevyužitých surovin např. travní senáže. Výstupní stabilizovaný materiál lze využít jako kvalitní hnojivo pro zemědělskou půdu. [13, 15]



Obr. 10 Zjednodušený popis zemědělské bioplynové stanice [12]

Čistírenské bioplynové stanice

Tyto bioplynové stanice se jen zřídka vyskytují samostatně. Daleko častěji se využívají, jako doplnění k čistírně odpadních vod (ČOV). Největším rozdílem oproti zemědělské bioplynové stanici je to, že do zařízení nevstupují jiné materiály než ty, které vstupují do čistírny odpadních vod. Vstupní materiál jako kaly, žumpa, septiky a odpadní voda jsou zpracovány anaerobní fermentací, která je známým procesem přeměny na využitelný plyn. Dochází tedy ke stabilizaci vstupního materiálu, který se dále nedá využít. Výstupní materiál se pak podrobuje čistícím procesům v čistírně odpadních vod. Vytvořený plyn putuje do kogenerační jednotky, ta jej přemění na elektrickou a tepelnou energii. Vyrobená elektrická energie pak může pokrýt potřeby samotného provozu čistírny odpadních vod. [11, 15]

Ostatní bioplynové stanice

Zpracovávají vybrané substráty, které bývají náročnější na technologii. To znamená, že musí projít procesem hygienizace. Bioplynová stanice musí být vybavena pasterizační jednotkou, dále prostorem pro dezinfekci a technologií pro čištění kontejnerů/přepravních nádob. Musí být zajištěna dezinfekce a čištění dopravních prostředků, a to při vjezdu i výjezdu ze zařízení. Tyto bioplynové stanice mají vyšší náročnost na kontrolu parametrů v technologickém procesu. Bioplynová stanice musí disponovat vlastní nebo cizí laboratoří. [15]

3.2 Rozdělení podle procesních stupňů

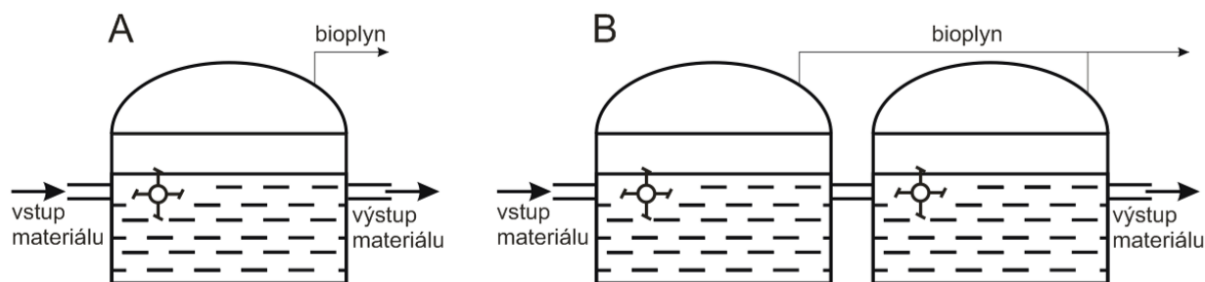
Fermentační nádrž je místo, kde vzniká bioplyn. Proces výroby bioplynu je dělen, zjednodušován a urychlován. Zrychlení procesu pak znamená větší výtěžnost bioplynu. Při jednostupňové metodě probíhají všechny části anaerobní fermentace v jednom fermentoru. Tomu musejí být upraveny jednotlivé podmínky. U dvou a více stupňových metod se lze zaměřit na jednotlivé části anaerobní fermentace. [11]

Jednostupňová fermentace

Všechny jednotlivé části anaerobní fermentace probíhají zároveň v jediném fermentoru. Tato metoda je konstrukčně nejjednodušší, to znamená menší náklady na realizaci i provoz. Materiál uvnitř fermentoru je pomalu promícháván, aby docházelo k rovnoměrnějšímu rozložení čerstvého vstupního materiálu. Jedná se o nejvíce používanou metodu fermentace pro svou spolehlivost. Stablnější a vyšší výroby bioplynu se docílí připojením další jednostupňové fermentační nádrže. Tato fermentační nádrž je připojena paralelně. [11, 12]

Dvou a vícestupňová fermentace

Je to soustava dvou či více fermentačních nádrží, které jsou propojeny. Jednotlivé procesy anaerobní fermentace jsou odděleny, to zapříčiní vhodnější nastavení podmínek jednotlivým bakteriím. Můžou být nastaveny různé rychlosti míchání v jednotlivých fermentačních nádržích pro efektivnější fermentační proces. Tento způsob je vhodný pro vstupní materiál, který je snadno rozložitelný (energetické plodiny, rostlinné zbytky). Nevýhodou této metody jsou vyšší náklady na stavbu jednotlivých stupňů i následný provoz. [11, 15]



Obr. 11 Ukázka jednostupňové fermentace – A a dvou stupňové fermentace – B [11]

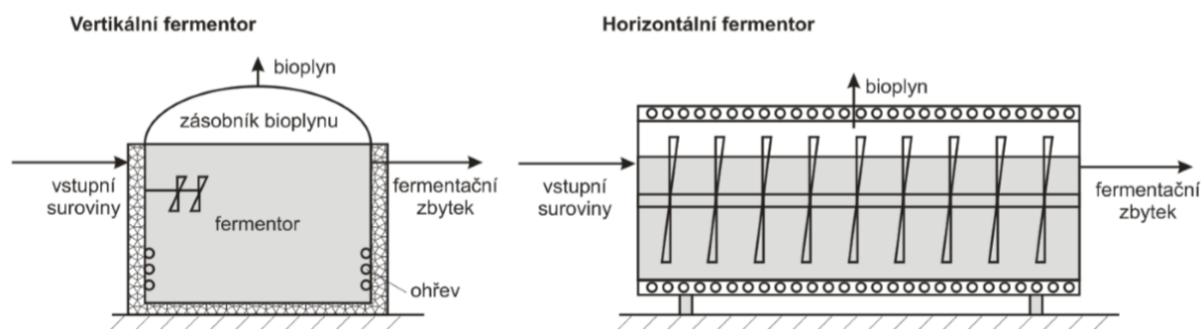
3.3 Rozdělení podle způsobu dávkování do fermentoru

Výroba bioplynu je nejen závislá na složení vstupního materiálu, ale i na dodávání materiálu do fermentační nádrže. Proto je důležité zvolit nejvhodnější způsob dodávky. To se odvíjí od způsobu fermentace, ale i od samotného složení vstupního materiálu. Způsoby dodávky materiálu se mohou lišit. Materiál může být dodáván pomalu a rovnoměrně pomocí dopravníkových šneků (vřetenových čerpadel), nebo rychlým způsobem pomocí kolového nakladače. Způsoby dodávky jsou rozděleny do tří skupin: [11]

- kontinuální (plynulé) dávkování
- semikontinuální (průběžné) dávkování
- diskontinuální (přerušované) dávkování

Kontinuální dávkování

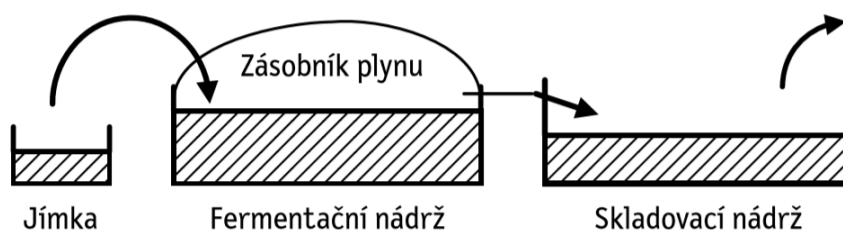
Jak už název napovídá, jedná se o nepřetržité dávkování vstupního materiálu do fermentační nádrže. Objevuje se jen zřídka, a to v takových provozech, kde se vstupní materiál plynule přivádí a fermentační proces trvá krátkou dobu. Vstupní materiál bývá tekutý, obsah sušiny minimální. Dávkování do fermentační nádrže je pomocí vřetenových čerpadel a odvádění tekutého materiálu z fermentační nádrže je buď gravitačními přepady nebo čerpadly. [11, 15]



Obr. 12 Ukázka fermentorů s kontinuálním dávkováním [11]

Semikontinuální dávkování

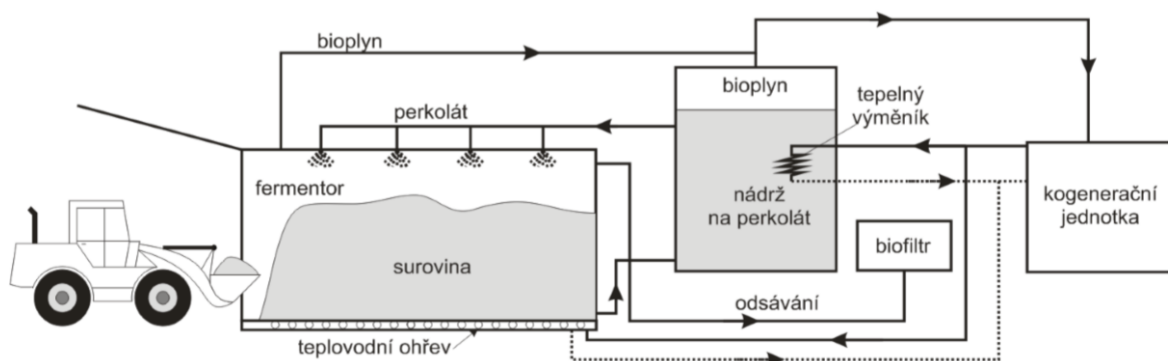
Tento způsob dávkování je v praxi nejvíce využíván. Jedná se o průběžné dávkování malého množství vstupního materiálu do fermentoru. Dávkování probíhá několikrát za den a obstarává to automatické řízení bioplynové stanice. Malé množství materiálu pak vyvolá zanedbatelnou změnu parametrů fermentoru jako je například teplota. Tento fakt pak nabývá výhody spíše v zimních měsících, kdy teplota vstupního materiálu je nízká. Obsah vstupního materiálu má větší podíl sušiny, proto se zde pro dávkování i odvádění materiálu využívá dopravníkových šneků. Dávkování a odvádění materiálu fermentoru probíhá zároveň, aby nedošlo k nadměrnému naplnění některé z nádrží. Provoz takové bioplynové stanice lze pak jednoduše automatizovat, což vede k jednoduché lidské obsluze. [12, 14]



Obr. 13 Ukázka semikontinuálního dávkování do fermentoru [12]

Diskontinuální dávkování

Diskontinuální dávkování se od ostatních způsobů nejvíce liší. Provoz takové bioplynové stanice s jedním fermentorem tohoto typu je přerušovaný. Proto se volí více fermentorů v jedné bioplynové stanici. V bioplynové stanici dochází ke střídavému provozu fermentoru, např. jeden plně naložený produkuje bioplyn, druhý se vykládá a následně nakládá materiálem. Vstupní materiál je obsahově většinou sušina, a proto tento proces je nazván suchou fermentací. Tuhý organický materiál (sušina) se do fermentoru nejčastěji nakládá a vykládá kolovým nakladačem. Způsob nakládání a vykládání nelze jednoduše automatizovat, proto jsou vyšší nároky na lidskou obsluhu. [11, 14]



Obr. 14 Zjednodušený princip fungování diskontinuálního dávkování [11]

4 Analýza provozu bioplynové stanice

Mnou zvolená bioplynová stanice je součástí velkého areálu farmy v Jihomoravském kraji. Stavební práce bioplynové stanice byly započaty již v roce 2011. O rok později, tedy v roce 2012, byla stavba dokončena. Po dovybavení byla bioplynová stanice uvedena do provozu v prosinci roku 2012, tímto datem započal první zápis do provozního deníku bioplynové stanice. Takto nově postavená bioplynová stanice se neobešla bez prvotních poruch a odstávek. Proto byla analyzována data od roku 2015, kdy byl provoz bioplynové stanice, až na pár krátkých odstávek, nepřerušovaný.

4.1 Parametry bioplynové stanice

Bioplynová stanice je vybavena dvěma kogeneračními jednotkami o různém elektrickém a tepelném výkonu. Produkci bioplynu obstarávají dva fermentory, jejichž vytvořený bioplyn je společným potrubím veden ke kogeneračním jednotkám. Přebytečný digestát z fermentorů putuje do dvou koncových skladů, pro každý fermentor jeden, kde je digestát uskladněn. Koncové sklady jsou také zastřešeny, pro zachycení zbytkového bioplynu. Bioplynová stanice má zastřešenou i jímku pro prasečí kejdu, ovšem jen z důvodu zachycení oděru, proto parametry nejsou uvedeny. Jak již bylo zmíněno fermentor, koncový sklad a fléra se v bioplynové stanici vyskytují dvakrát. Parametry u fermentoru, koncového skladu a fléry nejsou součtem obou, jedná se tedy o parametr jednoho. Pro celkovou kapacitu fermentorů, koncových skladů a výkonů flér bioplynové stanice budou parametry dvojnásobné.

Kogenerační jednotky:

Kogenerační jednotka č. 1:

Typ: KGJ engul 1500 AA

Motor: MWM-TCG2020 V12

Generátor: MARELLI-MJB 450 LB4

Elektrický výkon: 1200 kW

Jmenovité napětí: 230 / 400 V

Jmenovitý proud: 1732 A

Frekvence: 50 Hz

Účinnost: 1,0

Elektrická účinnost: 41,8 %

Celkový tepelný výkon: 1315 kW

Celková tepelná účinnost: 45,8 %

Spotřeba paliva: 525 m³/h

Kogenerační jednotka č. 2:

Typ: KGJ engul 1000 AA

Motor: MWM-TCG2016 V16 C

Generátor: MARELLI-MJB 400 LC4

Elektrický výkon: 800 kW

Jmenovité napětí: 230 / 400 V

Jmenovitý proud: 1155 A

Frekvence: 50 Hz

Účinnost: 1,0

Elektrická účinnost: 42,6 %

Celkový tepelný výkon: 864 kW

Celková tepelná účinnost: 45,9 %

Spotřeba paliva: 344 m³/h

Fermentor:

Vstupní surovina: kukuřičná siláž,

travní senáž

obilný šrot

prasečí kejda

Objem: 3190 m³

Výška: 7,5 m

Průměr: 25 m

Doba zdržení: cca 64 dnů

Teplota: 40-44 °C

Obsah sušiny: 6-8 %

Obsah metanu: 50-53 %

Koncový sklad:

Objem: 4241 m³

Výška: 7 m

Průměr: 30 m

Teplota: 40-44 °C

Fléra (spalování přebytku bioplynu):

Typ: HSB 500

Průtok plynu: 500 m³

Tlak: 2-5 kPa

Tepelný výkon: 2500 kW

4.2 Analýza dat za rok 2015

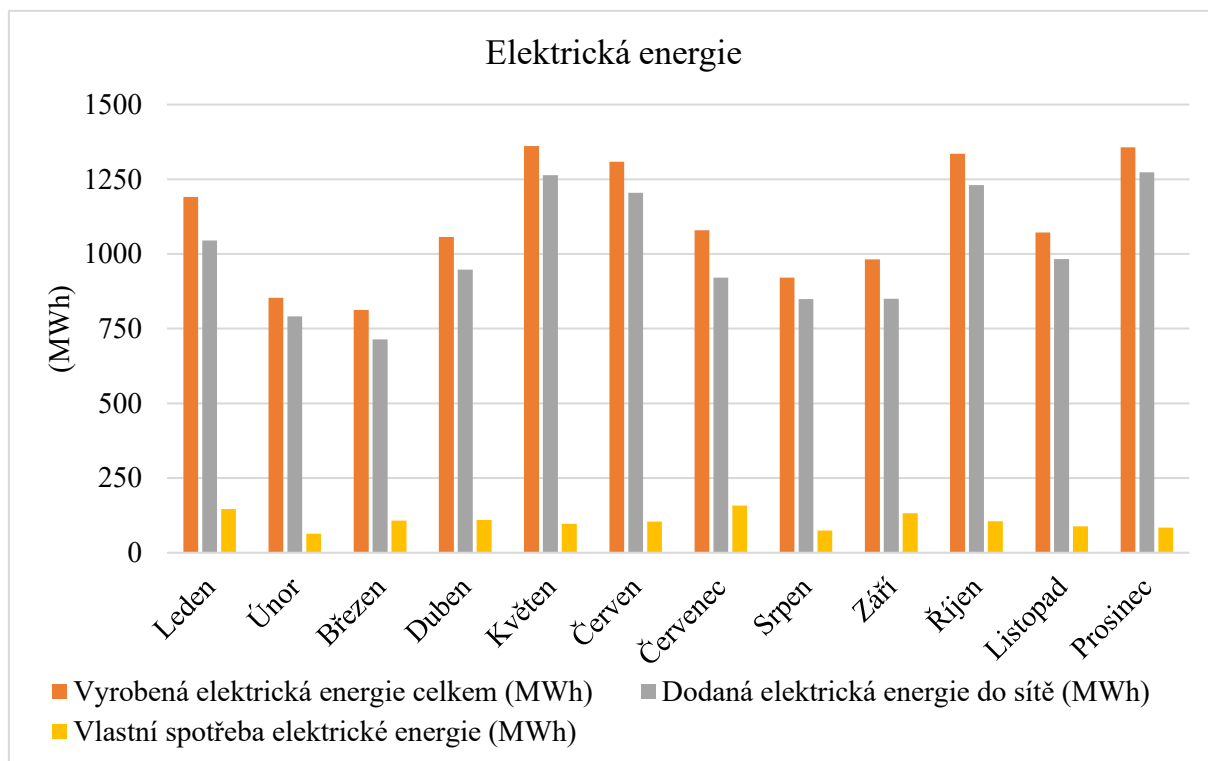
Tab. 2 Provozní data za 1. polovinu roku 2015

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 190	853	813	1 057	1 361	1 309
Vykoupená elektrická energie (MWh)	1 045	791	714	948	1 264	1 204
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	146	63	108	109	97	105
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,45	1,63	9,27	0,29	0,05	0,05
Vyrobené teplo (GJ)	4 668	3 338	3 183	4 143	5 338	5 137
Spotřebované teplo (GJ)	1 558	1 119	1 020	921	578	225
Zmařené teplo (GJ)	3 111	2 219	2 163	3 222	4 760	4 912
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	527 348	390 267	392 271	483 898	595 303	574 235
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	520 753	373 067	355 576	462 363	595 303	572 715
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	6 595	17 200	36 695	21 535	0	1 520
Motor hodiny KGJ (h)	1 368	990	1 033	1 244	1 487	1 404

Tab. 3 Provozní data za 2. polovinu roku 2015

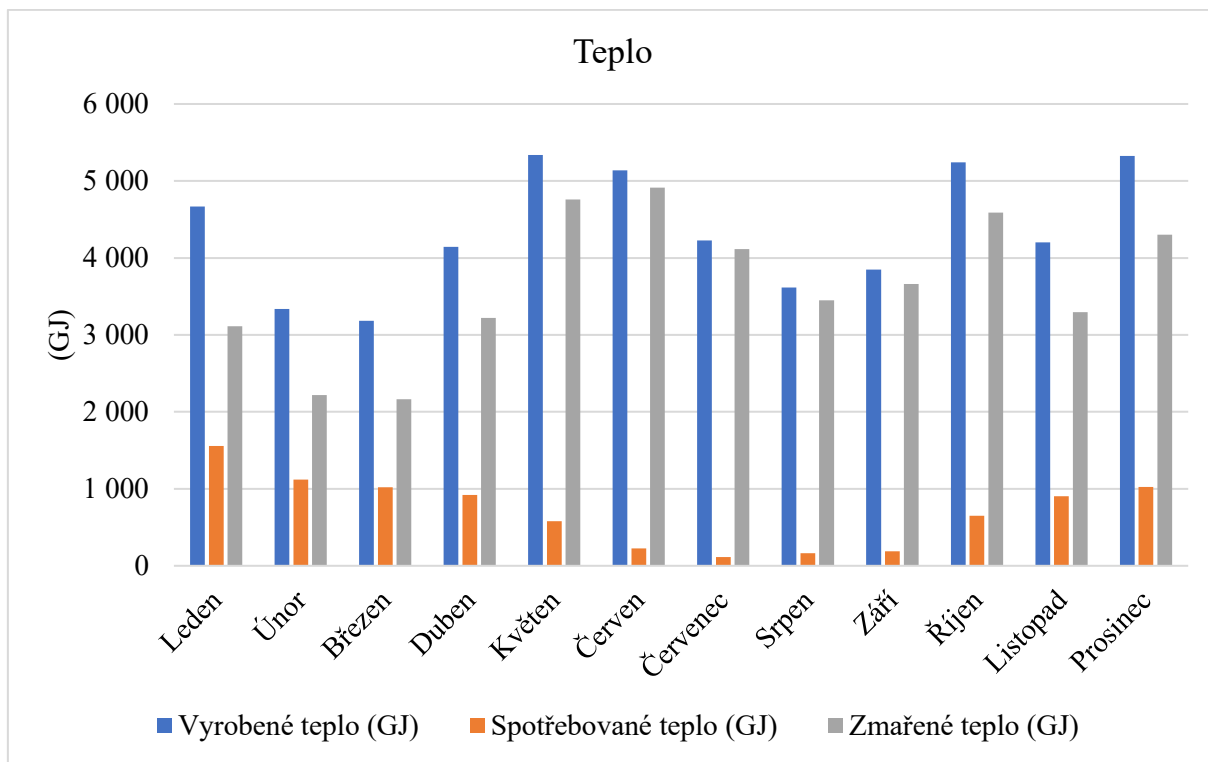
Měsíc	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 079	921	982	1 336	1 072	1 356
Vykoupená elektrická energie (MWh)	921	849	850	1 230	983	1 273
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	158	75	132	106	89	83
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,37	2,84	0,14	0,05	0,17	0,22
Vyrobené teplo (GJ)	4 229	3 614	3 847	5 240	4 201	5 323
Spotřebované teplo (GJ)	115	164	186	652	905	1 023
Zmařené teplo (GJ)	4 113	3 450	3 660	4 588	3 296	4 300
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	485 164	407 799	429 583	584 409	507 465	597 916
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	471 994	402 984	429 583	584 409	468 825	593 416
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	13 170	4 815	0	0	38 640	4 500
Motor hodiny KGJ (h)	1 297	1 239	1 374	1 484	1 255	1 458

Na předešlé straně se nacházejí tabulky (Tab. 2, Tab. 3), které přehledně ukazují měsíční spotřeby a dodávky elektrické energie, tepla a spotřebu bioplynu za měsíc. Z takto zpracovaných dat lze pak sestavit graf, kde jde snáze porovnávat spotřebu a dodávku elektrické energie nebo tepla v různých ročních obdobích.



Obr. 15 Bilance elektrické energie za rok 2015

Obrázek (Obr. 15) graficky znázorňuje bilanci elektrické energie za rok 2015. Vyrobená elektrická energie je součet elektrické energie vyrobené oběma kogeneračními jednotkami. Takto změřená elektrická energie byla odečtena z cejchovaných elektroměrů, které se nacházejí v elektrické rozvodně. V elektrické rozvodně se pak zvlášť měří vykoupená elektrická energie a vlastní spotřeba areálu farmy. Vlastní spotřeba elektrické energie nezahrnuje elektrickou energii, která se nakupuje z rozvodné sítě. Jde pak o okamžitou spotřebu v areálu farmy. Z grafu lze vyčíst, že nejvíce vyrobené elektrické energie bylo vyrobeno v měsících květen, červen, říjen a prosinec. Naopak nejméně vyrobené elektrické energie bylo v únoru a březnu. Vykoupená elektrická energie se odvíjí od vyrobené elektrické energie, proto nejvíce vykoupené energie bylo ve stejných měsících. Stejně to platí i u nejméně vykoupené elektrické energie. Naopak tomu je u vlastní spotřeby elektrické energie, ta není závislá na výrobě. Nejvíce spotřebované elektrické energie bylo v lednu a v červenci. Nejmenší spotřebu farma měla v únoru a v srpnu.



Obr. 16 Tepelná bilance bioplynové stanice za rok 2015

Na obrázku Obr. 16 jde vidět hospodaření s vyrobeným teplem, které pochází z výměníků kogeneračních jednotek. Data spotřebovaného tepla byla odečtena z měřících zařízení. Do spotřebovaného tepla pak spadá vyhřívání obou fermentorů, vytápění budov v areálu farmy a ohřev teplé užitkové vody (TUV). Jelikož se jedná o kogeneraci, tak nejvíce vyrobeného tepla bylo ve stejných měsících jako u vyrobené elektrické energie, tedy v měsících květen, červen, říjen a v prosinci. Nejméně vyrobeného tepla bylo v únoru a v březnu. Spotřeba tepla se odvíjí od ročního období, konkrétně od venkovní teploty. Nejvíce tepla bylo spotřebováno v zimních měsících – prosinec, leden a únor. Nejméně spotřebovaného tepla bylo v letních měsících v červnu, červenci a v srpnu a na začátku podzimu v září. Nejvíce zmařného tepla bylo v květnu, říjnu a v prosinci. Nejméně zmařného tepla bylo v únoru, březnu, dubnu a listopadu. Zmařené teplo je závislé na výrobě a spotřebě.

4.3 Analýza dat za rok 2016

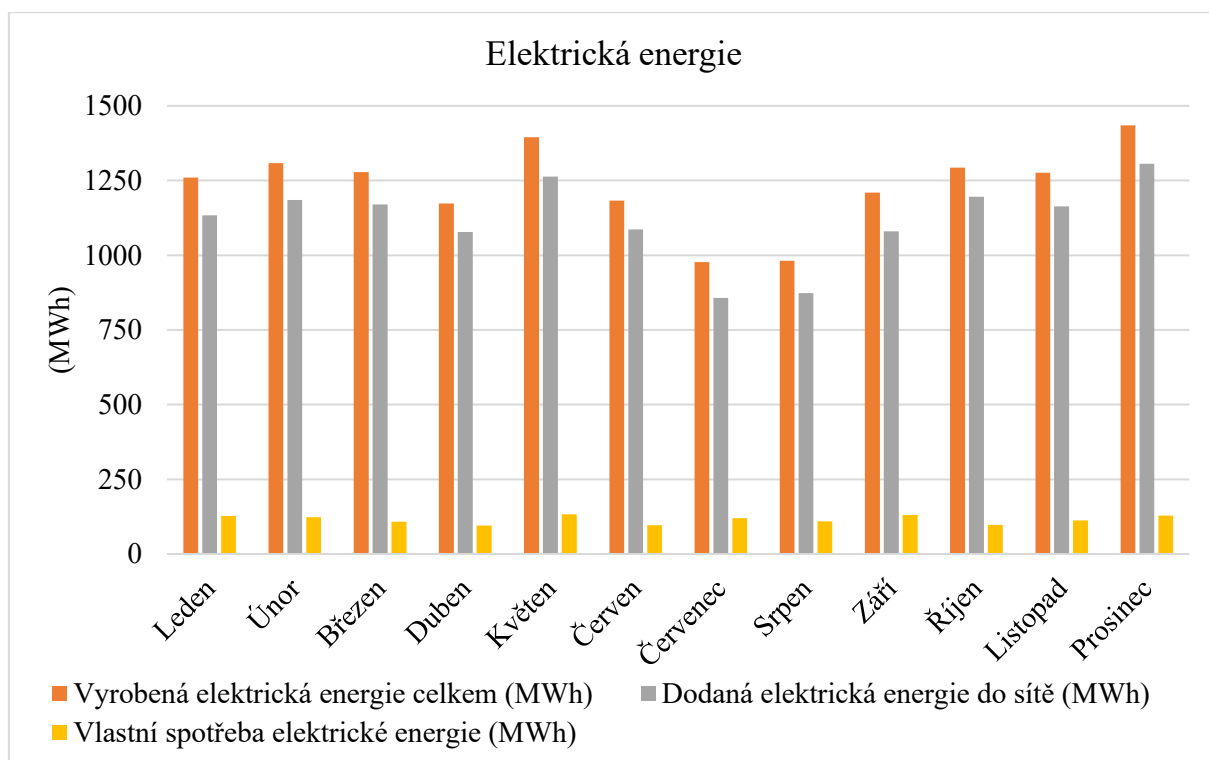
Tab. 4 Provozní data za 1. polovinu roku 2016

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 260	1 308	1 278	1 173	1 395	1 183
Vykoupená elektrická energie (MWh)	1 133	1 185	1 170	1 078	1 263	1 086
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	128	124	108	95	132	97
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,55	0,06	0,09	0,09	0,05	0,28
Vyrobené teplo (GJ)	4 951	5 135	5 017	4 601	5 474	4 639
Spotřebované teplo (GJ)	1 474	1 316	1 335	1 130	799	52
Zmařené teplo (GJ)	3 477	3 819	3 683	3 470	4 674	4 586
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	553 060	574 037	568 172	513 214	610 426	518 151
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	551 445	572 417	559 147	513 214	610 426	517 401
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	1 615	1 620	9 025	0	0	750
Motor hodiny KGJ (h)	1 251	1 389	1 390	1 365	1 461	1 353

Tab. 5 Provozní data za 2. polovinu roku 2016

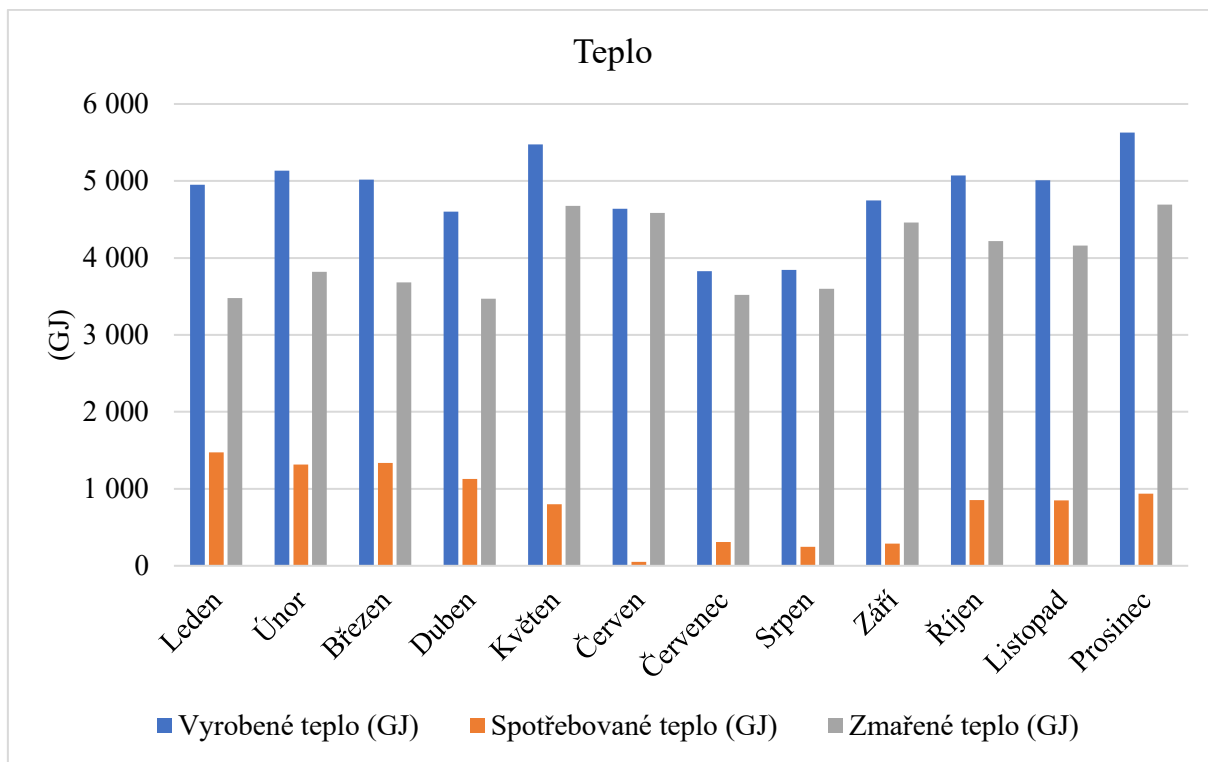
Měsíc	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vyrobená elektrická energie (MWh)	977	982	1 209	1 293	1 276	1 435
Vykoupená elektrická energie (MWh)	858	873	1 080	1 196	1 163	1 306
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	120	109	130	98	113	129
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,36	1,29	0,45	0,01	0,19	0,22
Vyrobené teplo (GJ)	3 829	3 845	4 747	5 072	5 010	5 630
Spotřebované teplo (GJ)	308	245	289	852	848	937
Zmařené teplo (GJ)	3 521	3 601	4 458	4 220	4 161	4 693
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	433 173	434 010	552 095	571 708	562 957	635 028
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	427 613	429 440	529 110	565 858	558 142	627 693
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	5 560	4 570	22 985	5 850	4 815	7 335
Motor hodiny KGJ (h)	1 287	1 185	1 296	1 363	1 282	1 448

V tabulkách (Tab. 4, Tab. 5) je souhrn všech naměřených dat za rok 2016, která bioplynová stanice vyprodukovala a spotřebovala. Je to například vyrobená elektrická energie, kterou vyprodukovaly obě kogenerační jednotky. Vykoupená elektrická energie je elektrická energie dodaná do rozvodné sítě. Vlastní spotřeba elektrické energie je spotřeba elektrické energie v areálu farmy. Nakoupená elektrická energie je spotřebovaná elektrická energie v době odstávky kogeneračních jednotek. Vyrobené teplo je teplo, které kogenerační jednotky vyprodukují a využitě teplo je spotřebované teplo v areálu farmy. Zmařené teplo je nevyužitě teplo zmařené v chladičích. Vyprodukovaný bioplyn je celková spotřeba bioplynové stanice a využitý bioplyn je plyn, který spálí kogenerační jednotky. Zmařený bioplyn ve flérách je přebytečný bioplyn spálený ve flérách. Motor hodiny ukazují měsíční provoz obou kogeneračních jednotek.



Obr. 17 Bilance elektrické energie za rok 2016

Obrázek Obr. 17 graficky znázorňuje hospodaření elektrické energie ve mnou vybrané farmě. Na obrázku je pro každý měsíc zobrazena vyrobená elektrická energie, vykoupená elektrická energie a vlastní spotřeba elektrické energie farmy. Z grafu je zřejmé, že nejvíce vyrobené elektrické energie bylo v květnu a v prosinci. Nejméně vyrobené elektrické energie bylo v červenci a srpnu. Nejvíce dodané elektrické energie do sítě bylo ve stejných měsících, tedy červenec a srpen. Nejméně dodané elektrické energie do sítě bylo v měsících červenec a srpen. Vlastní spotřeba elektrické energie již není závislá na vyrobené elektrické energii, ale na spotřebičích v areálu farmy. Proto největší vlastní spotřeba elektrické energie byla v měsících leden, květen, září a prosinec. Nejmenší spotřebu měla farma v dubnu, červnu a v říjnu.



Obr. 18 Tepelná bilance bioplynové stanice za rok 2016

Na obrázku Obr. 18 je souhrn tepla za rok 2016 rozdělen po měsících. Vyrobené teplo je teplo vyrobené kogeneračními jednotkami. Spotřebované teplo je využitě teplo v areálu farmy pro vytápění kancelářských prostor, vyhřívání fermentorů a ohřev teplé užitkové vody (TUV). Zmařené teplo je nevyužitě teplo, které se maří v chladičích. Z grafu a příslušné tabulky je zřejmé, že nejvíce vyrobeného tepla bylo vyrobeno v květnu a v prosinci. Nejméně pak v červenci a srpnu. Největší spotřebu tepla měla bioplynová stanice v lednu, únoru, březnu a dubnu. Nejmenší spotřebu tepla pak v červnu, červenci, srpnu a v září. Rekordně nejmenší spotřeba byla pak v červnu, spotřeba tepla činila 52 GJ za měsíc. Nejvíce zmařeného tepla bylo v květnu, červnu, září a v prosinci, naopak nejméně zmařeného tepla bylo v lednu, dubnu, červenci a v srpnu.

4.4 Analýza dat za rok 2017

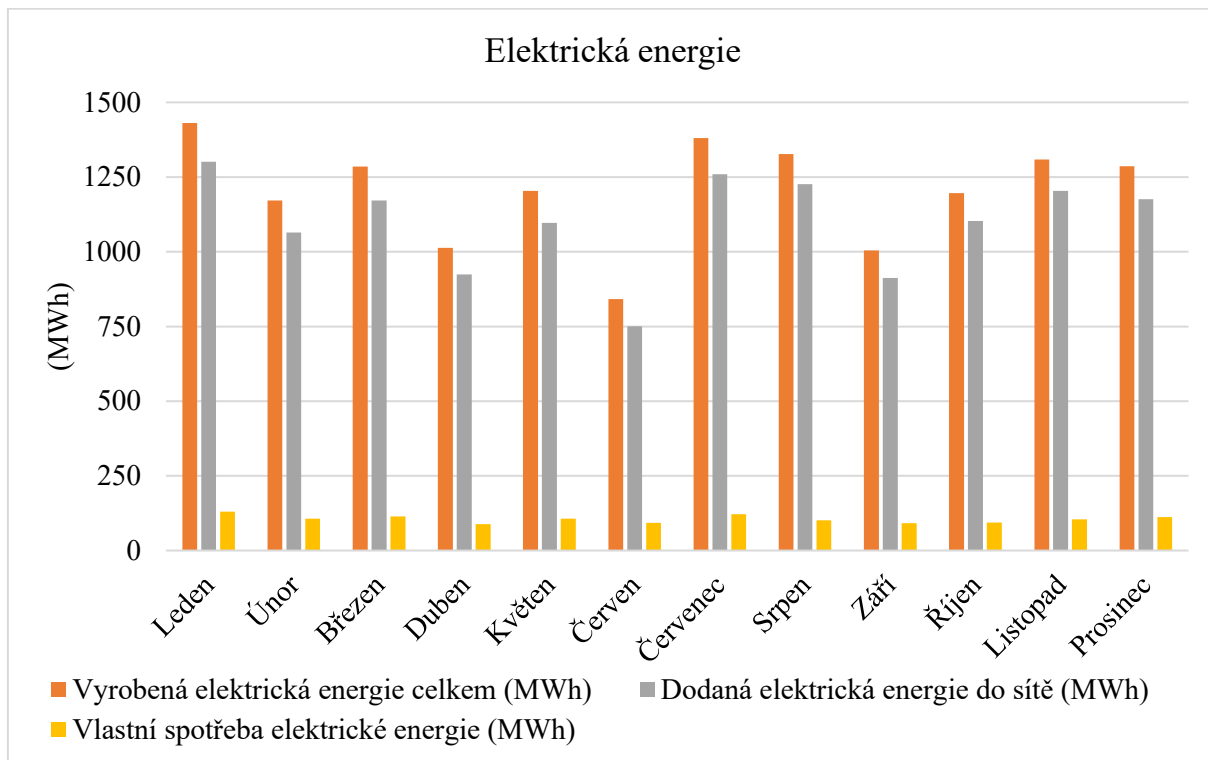
Tab. 6 Provozní data za 1. polovinu roku 2017

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 431	1 171	1 285	1 013	1 204	842
Vykoupená elektrická energie (MWh)	1 301	1 065	1 172	925	1 097	750
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	130	107	114	89	107	92
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,11	0,04	0,00	0,17	0,15	0,70
Vyrobené teplo (GJ)	5 614	4 594	5 043	3 978	4 721	3 319
Spotřebované teplo (GJ)	1 306	1 171	1 130	877	713	160
Zmařené teplo (GJ)	4 309	3 424	3 913	3 101	4 008	3 159
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	628 175	513 180	562 437	443 233	527 131	381 113
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	625 920	512 425	562 377	443 233	526 536	368 253
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	2 255	755	60	0	595	12 860
Motor hodiny KGJ (h)	1 473	1 300	1 414	1 177	1 416	762

Tab. 7 Provozní data za 2. polovinu roku 2017

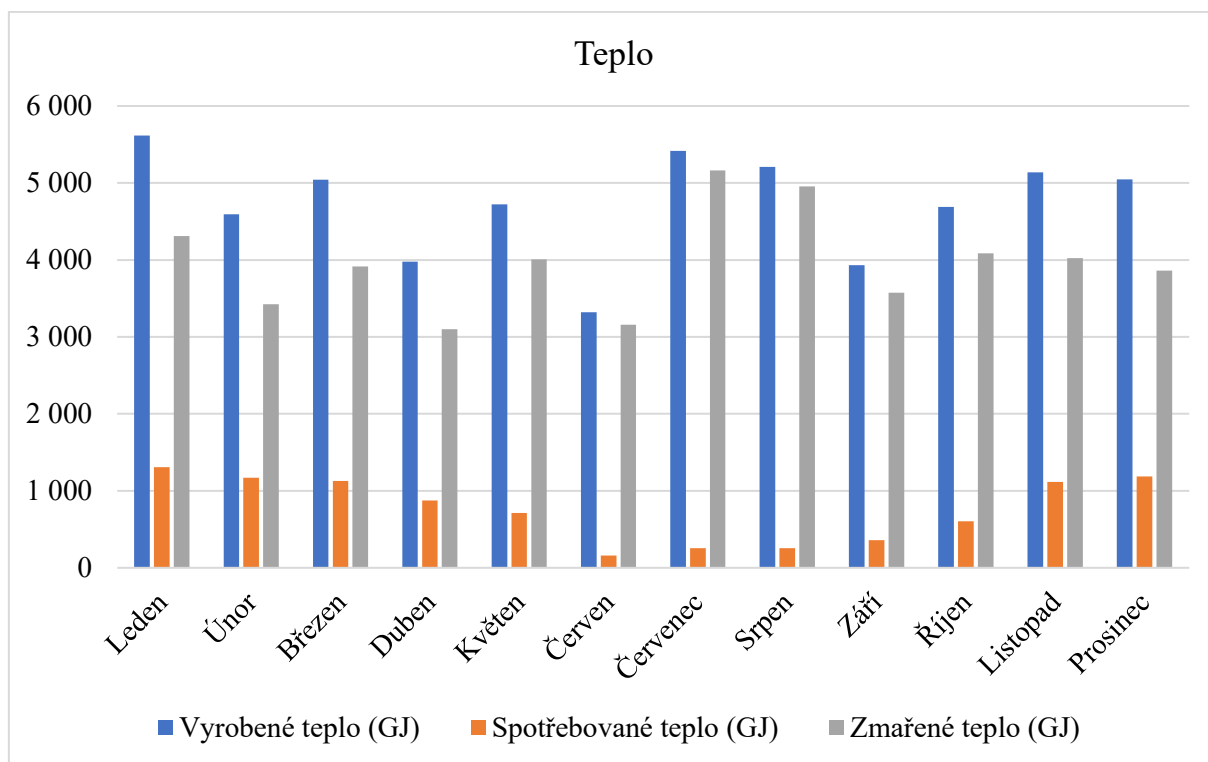
Měsíc	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 381	1 327	1 004	1 196	1 309	1 286
Vykoupená elektrická energie (MWh)	1 260	1 226	912	1 103	1 204	1 176
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	121	101	92	93	105	112
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,21	0,12	0,04	0,07	0,07	0,73
Vyrobené teplo (GJ)	5 418	5 208	3 934	4 690	5 137	5 047
Spotřebované teplo (GJ)	256	255	358	605	1 114	1 188
Zmařené teplo (GJ)	5 162	4 953	3 576	4 085	4 023	3 859
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	604 833	584 656	484 713	531 985	572 701	563 033
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	604 118	580 716	439 268	523 215	572 701	562 818
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	715	3 940	45 445	8 770	0	215
Motor hodiny KGJ (h)	1 453	1 451	1 169	1 351	1 432	1 457

V tabulkách Tab. 6, Tab. 7 je elektrická energie, kterou bioplynová stanice vyprodukovala, ale i tu co spotřebovala z vlastní výroby nebo během odstávek. Dále tam jsou data o teple, jak už vyrobeném, spotřebovaném nebo zmařeném. Měsíční produkce bioplynu z fermentorů, využitý bioplyn a bioplyn zmařený ve flérách. Motor hodiny je součet hodin obou kogeneračních jednotek za jednotlivé měsíce.



Obr. 19 Balance elektrické energie za rok 2017

Na obrázku Obr. 19 je graficky vyobrazeno hospodaření s elektrickou energií mnou vybrané bioplynové stanice. Vyrobena elektrická energie je celková vyrobena elektrická energie z obou kogeneračních jednotek. Vykoupená elektrická energie je elektrická energie dodaná do rozvodné sítě. Vlastní spotřeba elektrické energie je spotřeba areálu farmy. Z grafu je patrné, že nejvíce vyrobené elektrické energie bylo v lednu a v červenci. Nejméně vyrobené elektrické energie bylo v červnu. Nejvíce dodané elektrické energie do sítě bylo ve stejných měsících jako u vyrobené elektrické energie, tedy v lednu a v červenci. Vlastní spotřeba se pohybuje víceméně nastejno, ovšem lze určit měsíce, ve kterých byla dodávka vyšší. byly to měsíce leden a červen. Nejmenší spotřeba byla pak v dubnu, červnu, září a listopadu.



Obr. 20 Tepelná bilance bioplynové stanice za rok 2017

Obrázek (Obr. 20) vyobrazuje vyrobené, spotřebované a zmařené teplo v jednotlivých měsících v roce 2017. Lze pak porovnat např. vyrobené teplo v různých ročních obdobích. Nejvíce vyrobeného tepla bylo v lednu a v červenci. Nejméně vyrobeného tepla bylo pak v červnu. Spotřeba tepla se pak odvíjí od venkovní teploty. Proto byl nejvyšší odběr v podzimních a zimních měsících – leden, únor, listopad a prosinec. Zmařené teplo je pak závislé na výrobě a na spotřebě. Nejvíce zmařného tepla bylo v červenci a v srpnu. Nejméně zmařného tepla bylo pak v dubnu a v červnu.

4.5 Analýza dat za rok 2018

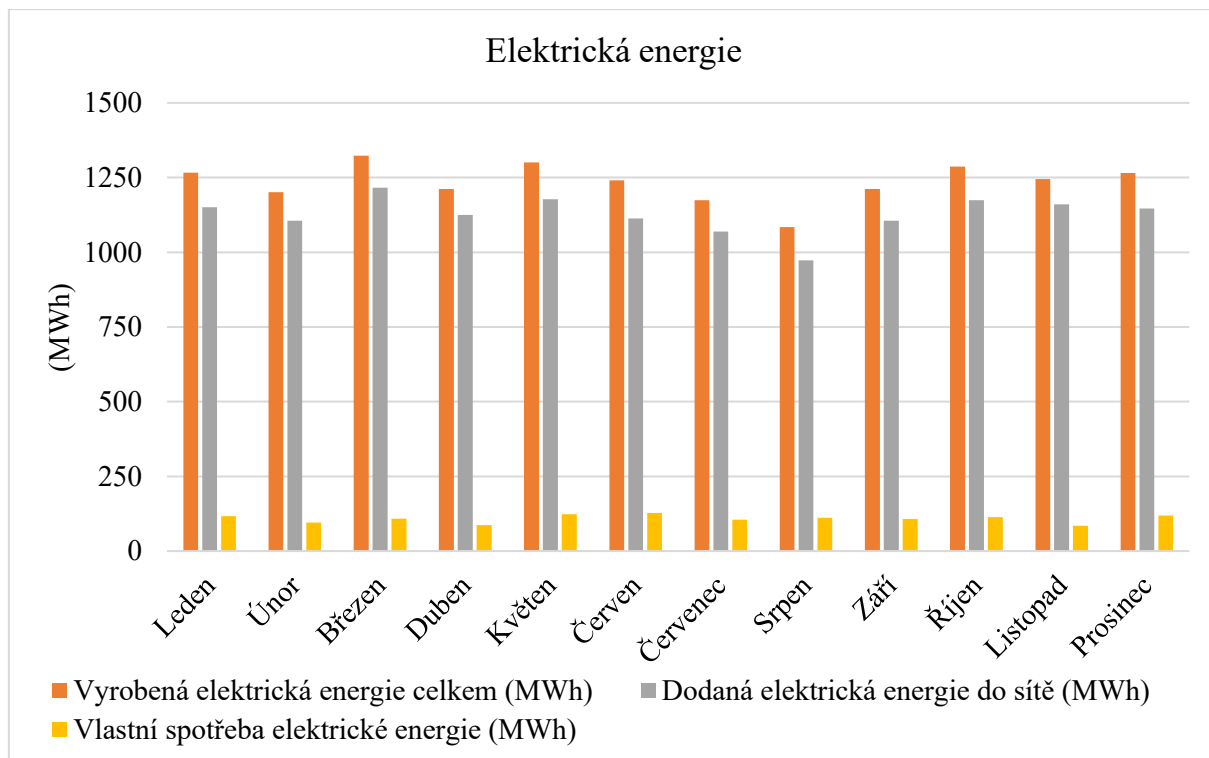
Tab. 8 Provozní data za 1. polovinu roku 2018

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 267	1 201	1 324	1 212	1 301	1 241
Vykoupená elektrická energie (MWh)	1 150	1 105	1 216	1 125	1 178	1 114
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	117	96	108	87	124	127
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,12	0,11	0,00	0,06	0,12	0,29
Vyrobené teplo (GJ)	4 973	4 712	5 194	4 755	5 105	4 867
Spotřebované teplo (GJ)	1 135	1 092	1 160	487	277	183
Zmařené teplo (GJ)	3 838	3 620	4 034	4 268	4 828	4 684
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	560 958	525 419	579 123	532 596	572 978	542 767
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	554 313	525 389	579 123	530 206	569 323	542 767
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	6 645	30	0	2 390	3 655	0
Motor hodiny KGJ (h)	1 391	1 334	1 482	1 421	1 461	1 432

Tab. 9 Provozní data za 2. polovinu roku 2018

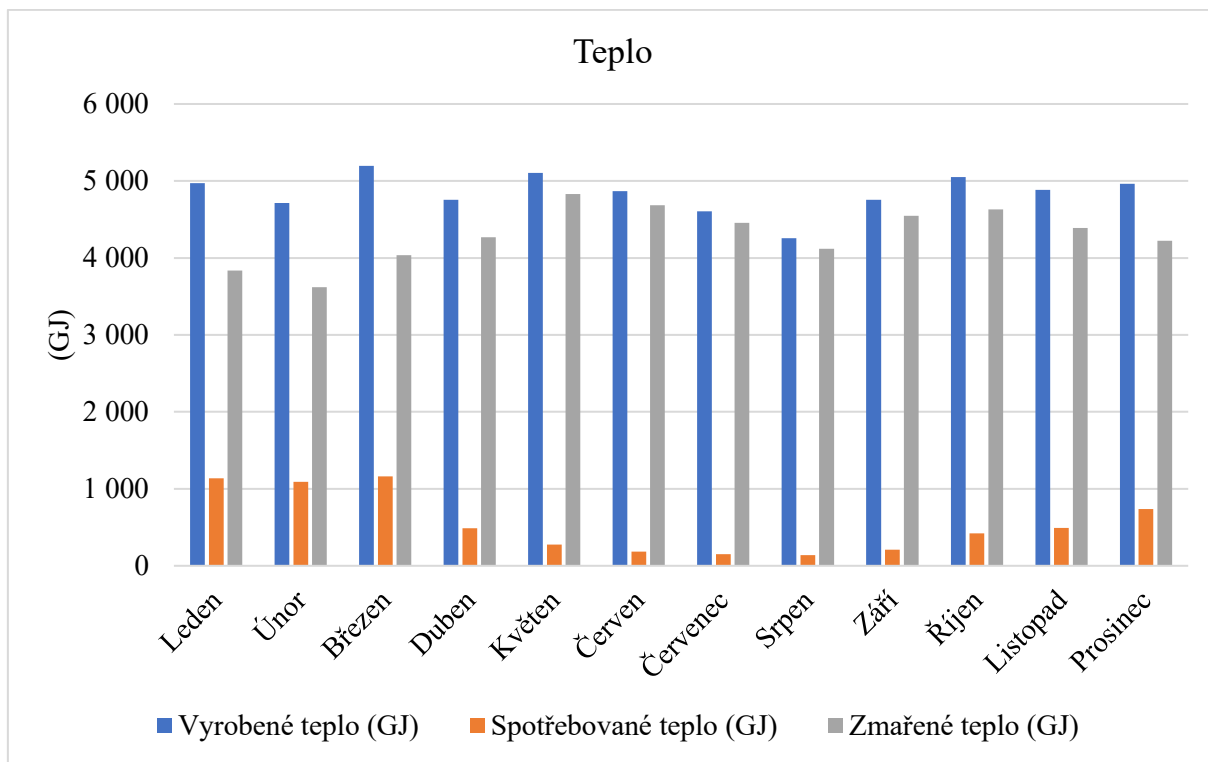
Měsíc	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 174	1 085	1 212	1 287	1 245	1 265
Vykoupená elektrická energie (MWh)	1 069	973	1 105	1 174	1 160	1 146
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	105	112	107	113	85	119
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,07	0,10	0,44	0,29	0,06	0,39
Vyrobené teplo (GJ)	4 605	4 255	4 756	5 049	4 883	4 962
Spotřebované teplo (GJ)	150	138	211	420	493	738
Zmařené teplo (GJ)	4 455	4 117	4 546	4 629	4 390	4 224
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	515 348	478 315	530 403	563 141	544 704	553 504
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	513 603	474 600	530 403	563 071	544 644	553 424
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	1 745	3 715	0	70	60	80
Motor hodiny KGJ (h)	1 437	1 427	1 407	1 481	1 436	1 465

V tabulkách Tab. 8, Tab. 9 je rozdělený rok 2018 do dvou polovin. Obsahem tabulek jsou zpracovaná data z provozního deníku. Z těchto dat jsou pak sestaveny grafy níže za rok 2018.



Obr. 21 Bilance elektrické energie za rok 2018

Na obrázku Obr. 21 je graficky vyobrazeno měsíční hospodaření s elektrickou energií za rok 2018. Je zde zobrazená vyrobená elektrická energie, to je elektrická energie vyrobená kogeneračními jednotkami. Dále tam je vyobrazená vykoupená elektrická energie, to je dodaná elektrická energie do rozvodné sítě. Vlastní spotřeba elektrické energie je spotřebovaná elektrická energie v areálu farmy, nezahrnuje nakoupenou elektrickou energii z rozvodné sítě. Z grafu lze vyčíst, že nejvíce vyrobené elektrické energie bylo v měsících – březen, květen. Nejméně vyrobené elektrické energie bylo v srpnu. Dodávka elektrické energie je závislá nejen na výrobě, ale i spotřebě elektrické energie. Nejvíce dodané elektrické energie do sítě bylo v březnu. Nejméně dodané elektrické energie do sítě bylo v srpnu. Vlastní spotřeba se v průběhu roku o moc neliší, ale i tak lze najít měsíce s největší spotřebou. Měsíce s největší spotřebou elektrické energie byly květen a červen. Nejmenší spotřeba elektrické energie byla v dubnu a v listopadu.



Obr. 22 Tepelná bilance bioplynové stanice za rok 2018

Na obrázku Obr. 22 je graficky znázorněna bilance tepla ve vybrané bioplynové stanici. Vyrobené teplo je celkové vyrobené teplo z obou kogeneračních jednotek. Spotřebované teplo je teplo spotřebované v areálu farmy. Zmařené teplo je teplo, které se vhání do chladičů. Největší výroba tepla byla v březnu a v květnu. Nejméně vyrobeného tepla bylo v srpnu. Nejvíce spotřebovaného tepla bylo v lednu, únoru a březnu. Nejméně spotřebovaného tepla bylo v červenci a srpnu. Zmařené teplo se pak odvíjí od vyrobeného a spotřebovaného tepla. Nejvíce zmařného tepla bylo v květnu a nejméně zmařného tepla bylo v únoru.

4.6 Analýza dat za rok 2019

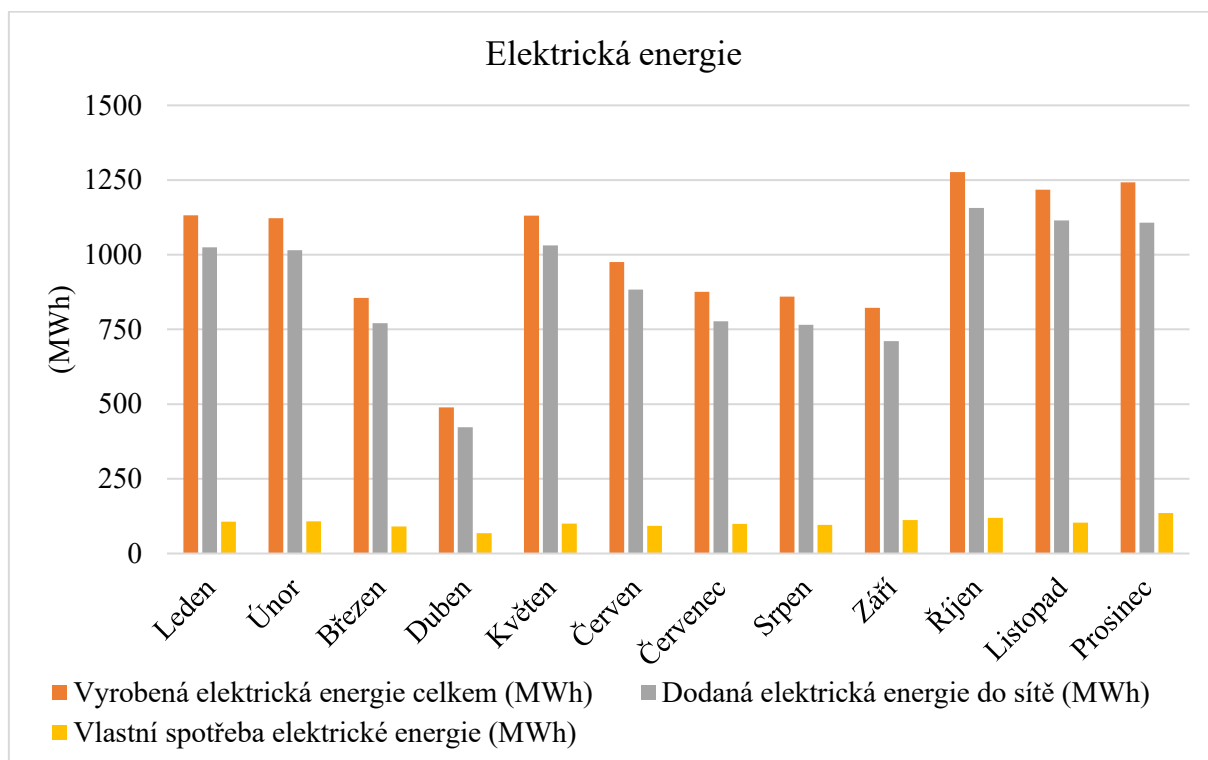
Tab. 10 Provozní data za 1. polovinu roku 2019

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 132	1 123	856	489	1 131	975
Vykoupená elektrická energie (MWh)	1 025	1 015	771	423	1 031	883
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	107	108	91	68	100	93
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,08	0,11	5,86	2,07	0,08	0,21
Vyrobené teplo (GJ)	4 438	4 404	3 352	1 905	4 438	3 832
Spotřebované teplo (GJ)	825	796	388	331	838	452
Zmařené teplo (GJ)	3 613	3 609	2 965	1 575	3 600	3 381
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	495 290	491 208	400 174	213 745	497 146	428 607
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	495 215	491 208	374 294	213 745	494 896	426 777
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	75	0	25 880	0	2 250	1 830
Motor hodiny KGJ (h)	1 470	1 336	1 166	782	1 456	1 328

Tab. 11 Provozní data za 2. polovinu roku 2019

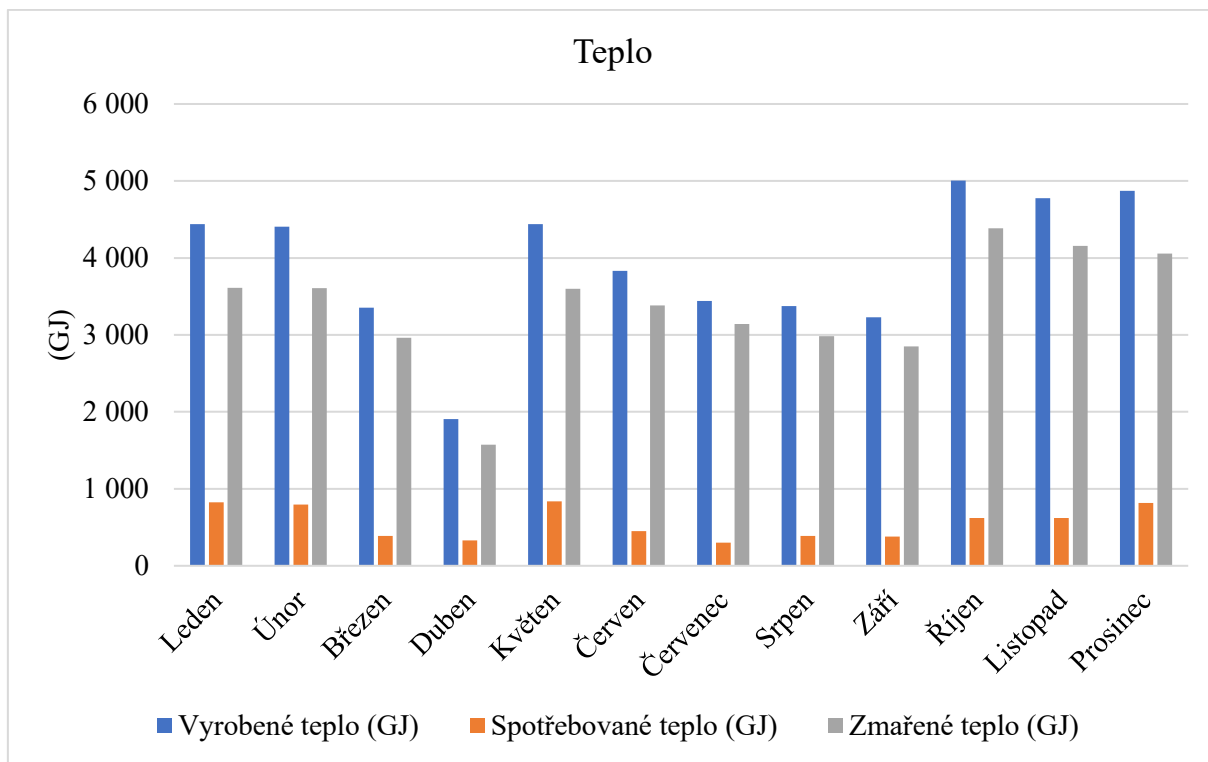
Měsíc	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vyrobená elektrická energie (MWh)	876	860	823	1 276	1 218	1 242
Vykoupená elektrická energie (MWh)	778	765	711	1 157	1 115	1 107
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	99	96	112	119	103	135
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,71	0,88	0,73	0,05	0,52	0,35
Vyrobené teplo (GJ)	3 441	3 372	3 227	5 005	4 776	4 871
Spotřebované teplo (GJ)	301	387	378	619	620	815
Zmařené teplo (GJ)	3 141	2 985	2 849	4 386	4 156	4 056
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	385 831	379 647	361 011	560 976	533 848	546 241
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	383 206	376 342	359 966	558 281	532 678	543 401
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	2 625	3 305	1 045	2 695	1 170	2 840
Motor hodiny KGJ (h)	1 344	1 403	1 329	1 475	1 420	1 444

V tabulce Tab. 10, Tab. 11 jsou data zpracovaná z provozního deníku bioplynové stanice. V provozním deníku jsou zapsaná data o vyrobené elektrické energii a o vyrobeném teple, tedy vyrobeném oběma kogeneračními jednotkami. Vykoupená elektrická energie je elektrická energie dodaná do rozvodné sítě, vlastní spotřeba elektrické energie je elektrická energie spotřebovaná farmou. Nakoupená elektrická energie je energie spotřebovaná během odstávek kogeneračních jednotek. Spotřebované teplo je teplo využité v areálu farmy. Zmařené teplo je teplo vháněno do chladičů. Vyprodukovaný bioplyn je celkové množství vyrobeného bioplynu ve fermentorech, využitý bioplyn je plyn spálený v kogeneračních jednotkách. Zmařený bioplyn je plyn spálený ve flérách. Motor hodiny je doba provozu obou kogeneračních jednotek.



Obr. 23 Balance elektrické energie za rok 2019

Na obrázku (Obr. 23) je vyrobená elektrická energie, tedy vyrobená elektrická energie oběma kogeneračními jednotkami. Vykoupená elektrická energie je elektrická energie dodaná do rozvodné sítě, vlastní spotřeba elektrické energie je spotřeba z vyrobené elektrické energie, nezahrnuje spotřebu z rozvodné sítě. Z grafu lze vyčíst, že nejvíce vyrobené elektrické energie bylo v říjnu. Druhým měsícem s nejvíce vyrobenou elektrickou energií byl prosinec. Nejvíce dodané elektrické energie bylo v měsíci říjen, listopad a prosinec. Vlastní spotřeba elektrické energie na farmě se moc nemění, ale i tak lze určit měsíce s největší/nejmenší spotřebou. Nejvíce spotřebované elektrické energie bylo v prosinci. Nejmenší vlastní spotřeba byla pak v dubnu.



Obr. 24 Tepelná bilance bioplynové stanice za rok 2019

Obrázek Obr. 24 graficky znázorňuje produkci tepla z obou kogeneračních jednotek za jednotlivé měsíce roku 2019. Součet vyrobeného tepla z obou kogeneračních jednotek ukazuje vyrobené teplo. Spotřeba tepla ukazuje teplo spotřebované v areálu farmy, zmařené teplo je teplo, které není využité a maří se v chladičích. Měsíce, ve kterých bylo nejvíce vyrobeného tepla byly říjen a prosinec. Nejméně tepla bylo vyrobeno v červenci. Nejvíce spotřebovaného tepla bylo v lednu, únoru, květnu a v prosinci. Zmařené teplo se pak odvíjí podle vyrobeného a spotřebovaného tepla. Nejvíce zmařného tepla bylo v říjnu a nejméně zmařného tepla bylo dubnu.

5 Zhodnocení provozu bioplynové stanice

Tato kapitola obsahuje zhodnocení provozu, jak bioplynové stanice, tak i provozu celého areálu farmy, kde se bioplynová stanice nachází. Může se pak zhodnotit kolik elektrické energie bioplynová stanice dodala do rozvodné sítě, ale také přínos pro celkový provoz farmy. Tabulka Tab. 12 ukazuje shrnutá data za vybrané roky. Poslední sloupec je součet jednotlivé produkce od roku 2015 až do roku 2019.

Tab. 12 Roční srovnání získaných dat

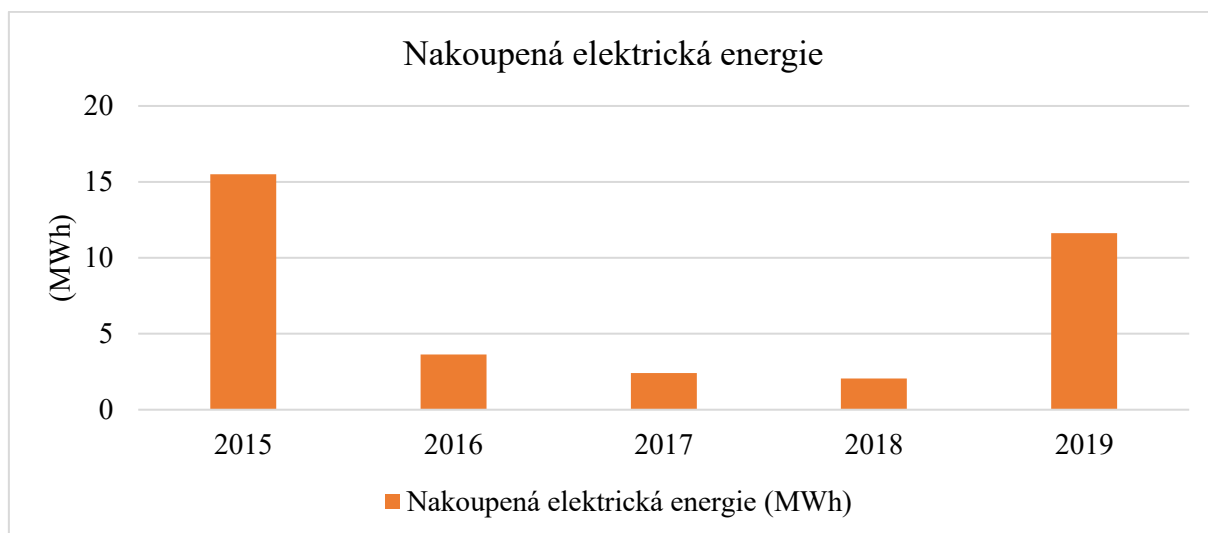
Rok	2015	2016	2017	2018	2019	Celkem
Vyrobená elektrická energie (MWh)	13 327,97	14 770,07	14 449,32	14 813,41	12 000,02	69 360,80
Vykoupená elektrická energie (MWh)	12 072,63	13 391,10	13 189,72	13 516,64	10 780,60	62 950,69
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	1 270,85	1 382,62	1 262,00	1 298,82	1 231,06	6 445,35
Nakoupená elektrická energie (MWh)	15,51	3,64	2,41	2,05	11,63	35,24
Vyrobené teplo (GJ)	52 260,97	57 949,67	56 702,66	58 116,92	47 064,01	272 094,23
Spotřebované teplo (GJ)	8 467,06	9 585,98	9 131,49	6 485,00	6 748,81	40 418,34
Zmařené teplo (GJ)	43 793,91	48 363,69	47 571,17	51 631,92	40 315,20	231 675,89
Vyprodukovaný bioplyn (m ³)	5 975 659	6 526 032	6 397 187	6 499 257	5 293 724	30 691 857,81
Využitý bioplyn KGJ (m ³)	5 785 576	6 416 440	6 278 734	6 434 869	5 210 570	30 126 189,41
Zmařený bioplyn ve flérách (m ³)	144 670	64 125	75 610	18 390	43 715	346 510,00
Motor hodiny KGJ (h)	15 633	16 070	15 855	17 174	15 953	80 685,00

5.1 Elektrická energie

Tato část bakalářské práce obsahuje zhodnocení spotřeby elektrické energie celého areálu farmy, ve které je umístěná zvolená bioplynová stanice. Porovnáním celkové vyrobené elektrické energie za roky 2015, 2016, 2017, 2018 a 2019, je patrné, že ze 69 360,8 MWh je 62 950,69 MWh dodána do rozvodné sítě. To znamená, že 91 % celkové elektrické energie za tyto roky, bylo dodáno do rozvodné sítě. Z toho vyplývá, že největší uplatnění bioplynové stanice je v prodeji elektrické energie do rozvodné sítě.

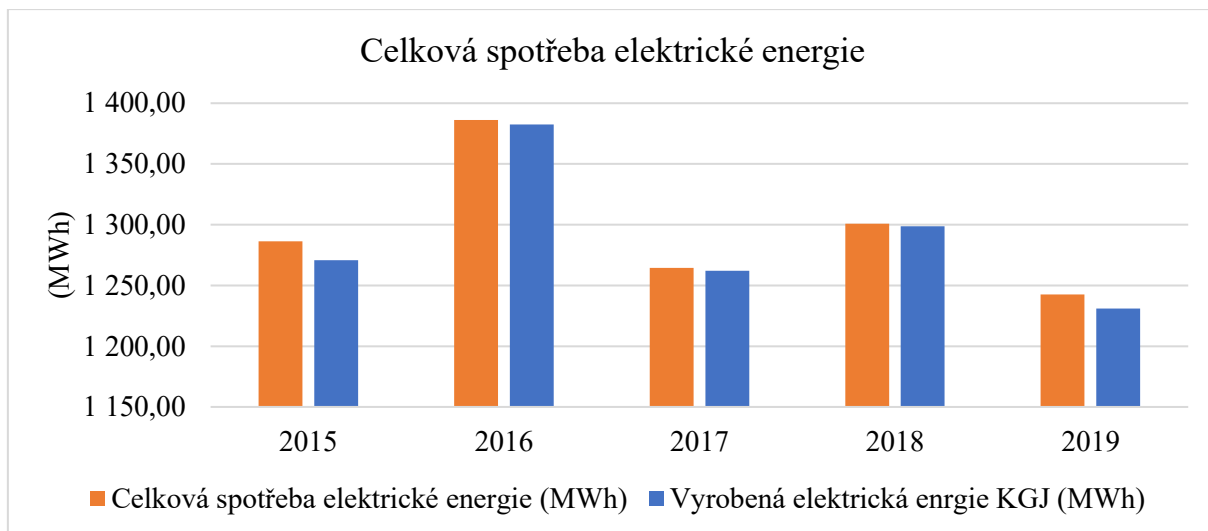
Srovnáním jednotlivých roků v tabulce Tab. 12 je patrné, že nejvíce vyrobené elektrické energie bylo v roce 2018, jedná se o 14 813,41 MWh elektrické energie. Tento rok bylo zároveň nejméně poruch, jak na samotných kogeneračních jednotkách, tak na bioplynové stanici. Druhý rok s nejvíce vyrobenou elektrickou energií byl rok 2016, kde bylo vyrobeno 14 770,07 MWh elektrické energie. Celkově za tento rok došlo k odstávce, která trvala 22 dní. Z toho 6 dní na kogenerační jednotce č. 1 a 12 dní na kogenerační jednotce č. 2. To je důvod proč se vyrobilo o 43,34 MWh elektrické energie méně oproti roku 2018. Nejméně elektrické energie se vyrobilo v roce 2019. V tomto roce došlo k odstávce kogenerační jednotky č.1, trvající 33 dní. Ta má o 400 kW vyšší elektrický výkon než kogenerační jednotka č. 2. Z důvodu výroby elektrické energie jen kogenerační jednotkou č. 2 došlo ke snížení vyrobené elektrické energie za tento rok. Druhým rokem s méně vyrobenou elektrickou energií byl rok 2015, kde došlo k odstávce kogenerační jednotky č. 1, která trvala 34 dní. Ovšem zároveň došlo k dočasnému zvýšení výkonu kogenerační jednotky č. 2.

Porovnáním jednotlivých měsíců všech vybraných roků se vyhodnotilo, že měsíc s nejvíce vyrobenou elektrickou energií byl prosinec roku 2016 a leden roku 2017. Tyto dva měsíce překročily hodnotu 1400 MWh vyrobené elektrické energie. Nejméně vyrobené elektrické energie měl měsíc duben roku 2019. Za celý měsíc bylo vyprodukováno 489 MWh elektrické energie. V březnu roku 2015 bylo nakoupeno nejvíce elektrické energie z rozvodné sítě, to způsobila odstávka kogenerační jednotky č. 1 na 11 dnů a kogenerační jednotky č. 2 na 6 dnů.



Obr. 25 Nakoupená elektrická energie za vybrané roky

Porovnáním vybraných roků mezi sebou, Obr. 25 (str. 40), je zřejmé, že nakoupená elektrická energie z rozvodné sítě nebyla vždy stejná. Nakoupenou elektrickou energii ovlivňují poruchy, jak kogeneračních jednotek, tak poruchy zařízení bioplynové stanice. V tabulce, která se nachází v příloze, Příloha 1 (str.56), je napsáno, že v roce 2015 se porouchalo dávkovací zařízení a směšovací pumpa. Tyto závady ovlivnily dodávku bioplynu do kogeneračních jednotek. Proto se nejvíce elektrické energie nakoupilo v roce 2015. Naopak nejméně elektrické energie se nakoupilo v roce 2018, ten rok není evidována žádná porucha bioplynové stanice nebo kogeneračních jednotek. V ten rok byla jen jednodenní odstávka kogenerační jednotky č. 2.



Obr. 26 Celková spotřeba elektrické energie

Na obrázku Obr. 26 byla porovnána celková spotřeba bioplynové stanice s vyrobenou elektrickou energií KOGJ. 99 % spotřeby elektrické energie farmy kryje elektrická energie vyrobená z kogeneračních jednotek. Zbýlé 1 % elektrické energie farma spotřebovává z rozvodné sítě při odstávce kogeneračních jednotek.

5.2 Teplo

Vzniklé teplo je vedlejším produktem při výrobě elektrické energie v kogeneračních jednotkách, protože nejvíce využívanou energií je v tomto případě elektrická energie. Teplo vzniklé v kogeneračních jednotkách se v areálu farmy využívá na vytápění kancelářských budov, opravárenských dílen, garáží a vepřinů. Dále na ohřev teplé užitkové vody (TUV) a na vyhřívání fermentorů. V tabulce Tab. 12 nebo na jakémkoliv grafickém znázornění využití tepla např. Obr. 18 lze vidět, že je teplo nejvíce využíváno v zimních měsících, a to na vytápění budov v areálu farmy. V letních měsících je teplo využíváno jen na ohřev teplé užitkové vody. Proto je v letních měsících využití tepla z kogeneračních jednotek minimální. Přebytkové teplo by se dalo využít rozšířením kogenerační jednotky, tedy pořízením absorpční jednotky.

V tabulce Tab. 12 je zapsané vyrobené, spotřebované a zmařené teplo od roku 2015 po rok 2019, ve sloupečku „Celkem“. Od roku 2015 do roku 2019 bylo vyrobeno 272 094,23 GJ tepla, z toho 40 418,34 GJ tepla bylo spotřebováno. To znamená, že farma spotřebovala 15 % vyrobeného tepla a 85 % tepla bylo zmařeno v chladičích.

Nejvíce vyrobeného tepla bylo v roce 2018, jednalo se o 58 116,92 GJ tepla. Naopak nejméně vyrobeného tepla bylo v roce 2019, 47 064,01 GJ tepla. Jedná se o ty samé měsíce, ve kterých bylo vyrobeno nejvíce/nejméně elektrické energie. Nejvíce spotřebovaného tepla bylo v roce 2016, ten rok se spotřebovalo 9 585,98 GJ. Jedná se o 16,5 % z vyrobeného tepla ten rok. Nejméně spotřebovaného tepla bylo v roce 2018, kdy se spotřebovalo 6 485,00 GJ tepla. Je to 11 % vyrobeného tepla ten rok. Nejvíce zmařeného tepla bylo v roce 2018, kdy se zmařilo 51 631,92 GJ tepla v chladičích. Nejméně zmařeného tepla bylo v roce 2019, jedná se 40 315,20 GJ tepla. V přepočtu na procenta se zmařilo 85,6 % vyrobeného tepla. Za to že se zmařilo tak málo tepla může fakt, že byla odstávka kogenerační jednotky č. 1 a výroba tepla s porovnáním ostatních roků byla nejmenší. Neznamená to lepší využití tepla.

Z výčtu jednotlivých měsíců lze vidět, že nejvíce vyrobeného tepla bylo v prosinci roku 2016 a v lednu roku 2017, vyrobené teplo přesáhlo 5600 GJ. Nejméně vyrobeného tepla bylo v dubnu 2019. Bylo vyrobeno 1905 GJ tepla, a to z důvodu odstávky kogenerační jednotky č. 1.

5.3 Bioplyn

Od roku 2015 do roku 2019 bioplynová stanice vyprodukovala 30 691 857,81 m³ bioplynu. Z tohoto množství bylo 30 126 189,41 m³ bioplynu využito v kogeneračních jednotkách a 346 510,00 m³ spáleno ve flérách. 98 % bioplynu bylo využito v kogeneračních jednotkách a zbylé 2 % bioplynu byly zmařeny ve flérách.

Nejvíce bioplynu bylo vyrobeno v roce 2016, a to 6 526 032 m³, z toho bylo 6 416 440 m³ využito v kogeneračních jednotkách, což je 98 %. Nejméně bioplynu bylo vyrobeno v roce 2019, a to 5 293 724 m³ bioplynu. Z toho 5 210 570 m³, to je 98 % bioplynu, který byl využit kogeneračními jednotkami. Toho roku bylo i nejméně bioplynu zmařeno ve flérách, a to 43 715 m³. Nejvíce zmařeného bioplynu ve flérách bylo roku 2015, zmařilo se tam 144 670 m³. Nejvíce využitý bioplyn byl v roce 2016 a v roce 2018, kdy využitý plyn překonal 6 400 000 m³.

Porovnáním jednotlivých měsíců všech zmíněných roků bylo zjištěno, že v prosinci 2016 a v lednu 2017 bylo vyprodukováno nejvíce bioplynu. V prosinci 2016 bylo vyprodukováno 635 028 m³ bioplynu a v lednu roku 2017 bylo vyprodukováno 628 175 m³ bioplynu.

Tab. 13 Tabulka nejčastějších hodnot vstupních materiálů do fermentoru

	Maximální výťažnost bioplynu	Střední výťažnost bioplynu	Minimální výťažnost bioplynu
Kukuřičná siláž (t)	900-960	920-940	800-820
Prasečí kejda (t)	620-700	460-520	420-440
Travní senáž (t)	80-100	40-100	0-5
Šrot (t)	60-80	40-60	0-5
Řepné řízky (t)	0-10	0-5	0-5

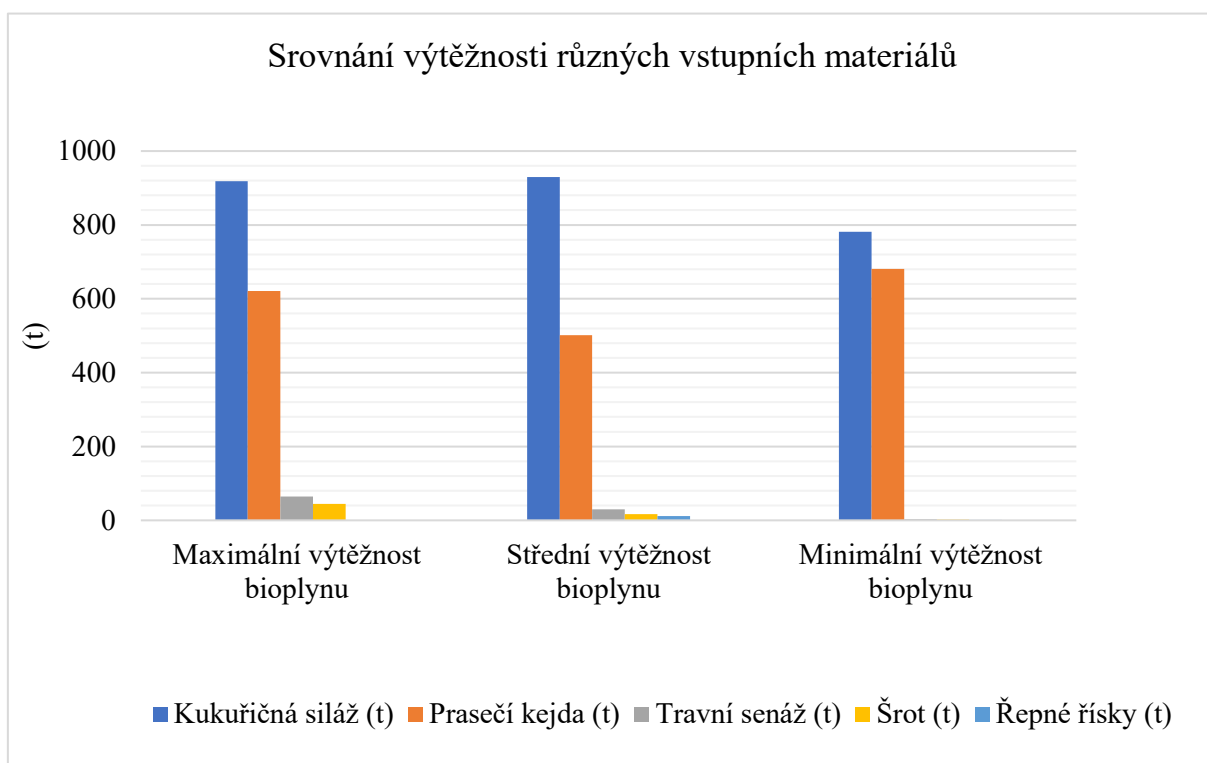
V tabulce Tab. 13 (str.42) jsou statisticky nejčastější hodnoty kukuřičné siláže, prasečí kejdy, travní senáže, šrotu a řepných řízků pro vstupní materiál do fermentoru. V tabulce Tab. 14 jsou zaznamenány průměrné hodnoty jednotlivých vstupních materiálů. Některé průměrné hodnoty vstupního materiálu nejsou v daném rozmezí uvedeny v Tab. 13. Je to způsobeno tím, že v dané kategorii byl velký rozptyl dat, a tím i velká průměrná odchylka. Kdyby bylo zpracováno více dat v dané kategorii, např. minimální výtěžnost bioplynu, byl by rozptyl a průměrné hodnoty přesnější.

Tab. 14 Průměrných hodnot vstupního materiálu

	Maximální výtěžnost bioplynu	Střední výtěžnost bioplynu	Minimální výtěžnost bioplynu
Kukuřičná siláž (t)	918,00	929,72	781,50
Prasečí kejda (t)	621,14	500,98	680,94
Travní senáž (t)	64,50	29,62	3,00
Šrot (t)	44,88	17,03	2,00
Řepné řízky (t)	0,00	11,27	1,00

V tabulce Tab. 14 jsou uvedeny průměrné hodnoty vstupních materiálů. Pro maximální výtěžnost bioplynu byla průměrná hodnota kukuřičné siláže nižší než u střední výtěžnosti. Porovnáním množství kukuřičné siláže u maximální výtěžnosti bioplynu s minimální, lze vyčíst nárůst kukuřičné siláže o 137 t.

Naopak tomu je při porovnání prasečí kejdy. Největší průměrné množství prasečí kejdy byl u minimální výtěžnosti. Nejméně u střední výtěžnosti a u maximální výtěžnosti byla průměrná hodnota prasečí kejdy mezi hodnotou 620-700 t, což odpovídá rozmezí v Tab. 13. Dále největší průměrné množství travní senáže bylo u maximální výtěžnosti, jedná se o 64,50 t. Tato hodnota také odpovídá nejčastějším hodnotám travní senáže v tabulce Tab. 13. Nejméně travní senáže bylo u minimální výtěžnosti bioplynu. Řepné řízky byly dávány jen velmi vzácně a ve velkém množství, proto největší množství je u střední výtěžnosti bioplynu. Jedná se o 11,27 t.

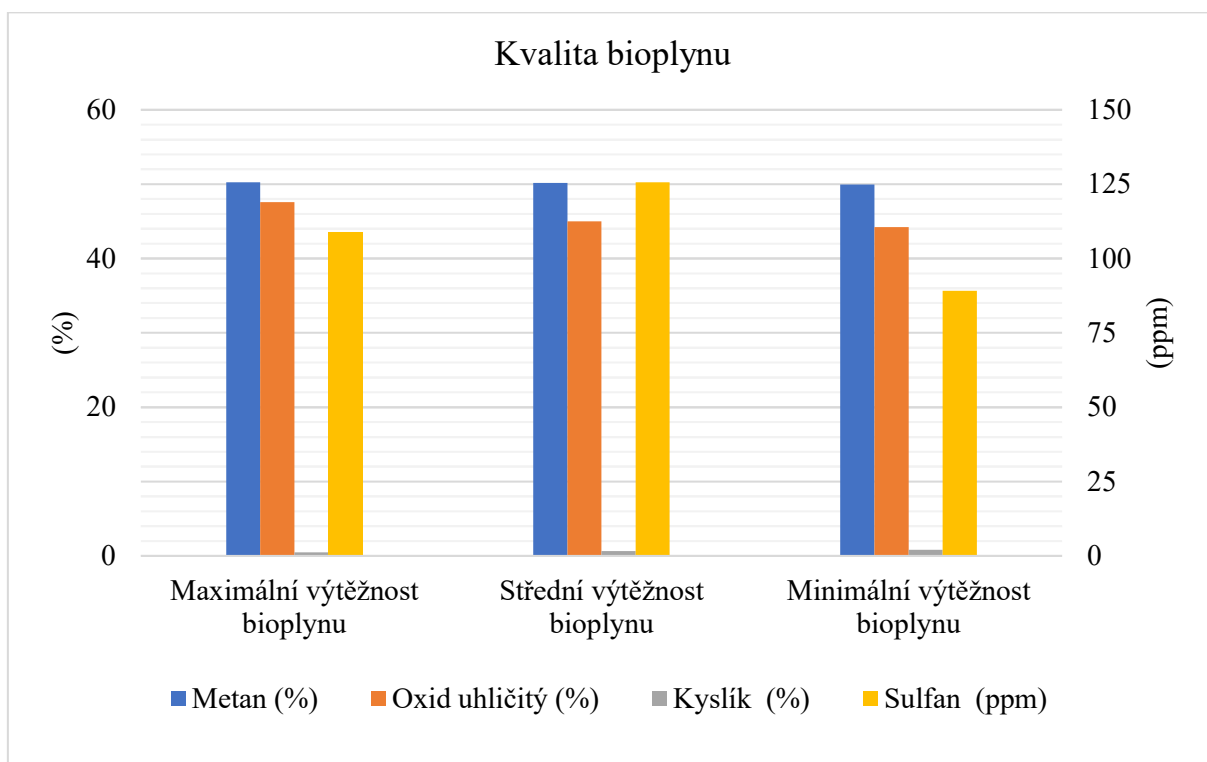


Obr. 27 Grafické znázornění vstupních materiálů

Na obrázku Obr. 27 je graficky znázorněno jednotlivé množství vstupního materiálu v maximální, střední a minimální výtěžnosti bioplynu. Nejvíce rozmanité složení je u střední výtěžnosti bioplynu. Rozmanitost složení není to nejdůležitější, mnohem důležitějším hlediskem je množství daného vstupního materiálu. U maximální výtěžnosti bylo složení ochuzeno o podíl řepných řízků, ale celkové množství jednotlivých vstupních materiálů bylo větší, kromě kukuřičné siláže.

Tab. 15 Tabulka kvality bioplynu

	Maximální výtěžnost bioplynu	Střední výtěžnost bioplynu	Minimální výtěžnost bioplynu
Metan CH ₄ (%)	50,3	50,2	49,9
Oxid uhličitý CO ₂ (%)	47,6	45,0	44,2
Kyslík O ₂ (%)	0,5	0,7	0,8
Sulfan H ₂ S (ppm)	108,90	125,60	89,10



Obr. 28 Grafické znázornění kvality bioplynu

V tabulce Tab. 15 (str.44) jsou naměřená data z měřicích zařízení, kterými je bioplynová stanice vybavena, jedná se o průměrné hodnoty. U všech tří kategorií se procento metanu pochybuje kolem 50 %. Nejvíce oxidu uhličitého bylo obsaženo ve složení s maximální výtěžností bioplynu. Nejméně oxidu uhličitého bylo pak u minimální výtěžnosti bioplynu. Procento kyslíku ve složení bioplynu je důležité, mohlo by ovlivnit celou anaerobní fermentaci. Proto je důležité, aby procento kyslíku bylo co nejmenší. Nejméně kyslíku bylo v maximální výtěžnosti bioplynu, což vede ke stabilnější anaerobní fermentaci. Nejvíce kyslíku bylo obsaženo ve složení pro minimální výtěžnost bioplynu. Nejvíce sulfanu bylo obsaženo ve složení se střední výtěžností bioplynu. Nejméně sulfanu bylo obsaženo u minimální výtěžnosti bioplynu. Na obrázku Obr. 28 je graficky znázorněno obsazení jednotlivých prvků ve směsi bioplynu.

5.4 Poruchy a odstávky

Od zahájení provozu bioplynové stanice se staly dvě mimořádné havárie stejného typu. Jednalo se o únik prasečí kejdy z poškozeného potrubí. Z poškozeného potrubí unikala prasečí kejda do nedalekého potoka. Únik způsobil znečištění potoka a úhyn ryb. Jednalo se o 1500 m³ prasečí kejdy za obě havárie. Havárie se staly 21. 9. 2013 a 24. 9. 2013. Od již zmíněné havárie byla bioplynová stanice průběžně odstavována a kontrolována. Během odstávek se kontrolovaly úniky a správné fungování všech zařízení bioplynové stanice. Přerušovaný provoz bioplynové stanice trval až do druhé poloviny roku 2014. Proto vybrané roky začínají až od roku 2015. Tehdy byl provoz bioplynové stanice normální.

V roce 2015 se provoz celé bioplynové stanice zastavil jen jednou, a to od 1. 3. 2015 do 3. 3. 2015. Odstávka trvající 3 dny byla způsobena poruchou obou kogeneračních jednotek. Porucha kogenerační jednotky č. 1 trvala již ode dne 15. 2. 2015. Dne 1. 3. 2015 pak došlo k poruše i druhé kogenerační jednotky. Proto musel být veškerý vyprodukovaný bioplyn mařen v obou flérách. Ten rok došlo ještě ke dvou odstávkám bioplynové stanice, za které mohla porucha dávkovacího zařízení a porucha směšovací pumpy. Došlo k odstavení nejsilnější kogenerační jednotky, tedy KGJ č. 1. Kogenerační jednotka č. 2 byla stále v provozu.

V roce 2016 došlo k poruše na dávkovacím zařízení, směšovací pumpy a centrální pumpy. Ani jedna porucha nezapříčinila zastavení výroby, došlo jen k odstávce kogenerační jednotky č. 1.

Rok 2017 nezaznamenal žádnou poruchu na zařízení bioplynové stanice. Jediná závažná porucha se stala na kogenerační jednotce č. 2. Jednalo se proražení bloku motoru a došlo k odstavení na 36 dnů. Na kogenerační jednotce č. 1 nebyla zaznamenána žádná porucha a odstavovala se jen z důvodu údržby.

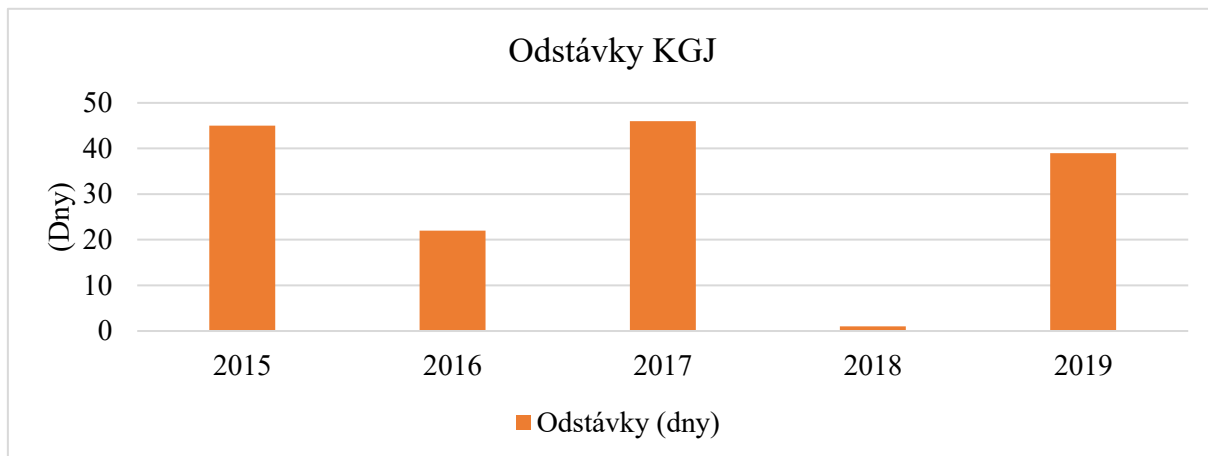
V roce 2018 byla odstavena kogenerační jednotka č. 2 a to z důvodu vyčistění vzduchového filtru.

Odstávky a poruchy byly zaznamenány i v roce 2019. Jedna z poruch se týkala dávkovacího zařízení bioplynové stanice. Porucha tohoto typu se objevila dvakrát a způsobila odstávku kogenerační jednotky č. 1. U kogenerační jednotky č. 2 se kromě odstávek vyskytly dvě poruchy. Došlo k poruše turbodmychadla a startéru.

Tab. 16 Tabulka odstávek bioplynové stanice

	Kogenerační jednotka č. 1	Kogenerační jednotka č. 2	Celkem za rok
2015	34 dnů	11 dnů	45 dnů
2016	6 dnů	16 dnů	22 dnů
2017	10 dnů	36 dnů	46 dnů
2018	0 dnů	1 den	1 den
2019	33 dnů	6 dnů	39 dnů
Celkem	83 dnů	70 dnů	

V tabulce Tab. 16 je souhrn odstávek bioplynové stanice. Rok, ve kterém se kogenerační jednotky nejvíce odtavovaly byl rok 2015 a rok 2017. Tyto roky také evidují nejméně vyrobené elektrické energie a tepla. Poslední řádek tabulky Tab. 16 ukazuje, kolik dní byly odstaveny jednotlivé kogenerační jednotky. Z toho lze usoudit, že kogenerační jednotka č. 1 byla vícekrát odstavena. To ovšem neznamená, že by kogenerační jednotka č. 1 byla vícekrát porouchaná. V přílohách jsou uvedeny podrobnější tabulky, Příloha 2 (str.56) a Příloha 3 (str. 57), ve kterých je napsán i typ závad kogeneračních jednotek.



Obr. 29 Graficky znázorněny odstávky kogeneračních jednotek

6 Možnosti zefektivnění provozu

Existuje více možností, jak zefektivnit provoz hodnocených kogeneračních jednotek. Jednou z nich je využití přebytečného tepla, které je zejména v letních měsících bez užitku vypouštěno do okolí. Toto teplo je možné použít například pro vytápění budov i mimo areál farmy a nebo pro výrobu chladu prostřednictvím trigenerační jednotky.

6.1 Vytápění budov

Tato varianta je již částečně aplikována. Budovy v areálu farmy jsou vytápěny vyrobeným teplem z obou kogeneračních jednotek. Vyrobeným teplem je i ohřívána teplá užitková voda (TUV), která se spotřebovává v areálu farmy.

Vytápění budov mimo areál farmy by zahrnovalo rozšíření teplovodu. Vytápěly by se především budovy jako obecní úřad, mateřská školka a fotbalové hřiště. U fotbalového hřiště by se vyhříval travní porost. Tato varianta byla navrhována vedením farmy, přinesla by ekonomický zisk a stálý odběr tepla během zimního období. Při pohledu na umístění bioplynové stanice, která se nachází na okraji vesnice, by vybudování a následná údržba teplovodu byla ekonomicky nákladná.

Další návrh pro efektivnější využití přebytečného tepla by zahrnoval vybudování skleníku. Skleník by byl vybudován v těsné blízkosti bioplynové stanice a vytápěl by se vyrobeným teplem z kogeneračních jednotek. Pro farmu by to znamenalo rozšíření produkce, zisk z prodeje vypěstovaných plodin a lepší hospodárnost s vyrobeným teplem. Vybudování a provoz skleníku je největší investicí ze všech zmíněných možností. O vybudování skleníku a tím i rozšíření provozu jeví farma zájem.

6.2 Trigenerace

Trigenerace je využití zbytkového tepla na výrobu chladu. Pokud je kogenerační jednotka vybavena absorpční jednotkou, může současně vyrábět elektrickou energii, teplo i chlad. Využití chladu je o dost komplikovanější. Vyrobený chlad lze využít v letních měsících na zchlazení kancelářských a manipulačních prostor. Provoz kogeneračních jednotek by byl o to hospodárnější. [26]



Obr. 30 Ukázka absorpční jednotky od firmy TEDOM [24]

Jednou z možných zefektivnění provozu stávajícího systému kogeneračních jednotek je doplnit jej o absorpční jednotku. Ta by dosud zmařené teplo využívala na tvorbu chladu. Pro doplnění absorpční jednotky je třeba dovybavit stávající systém o absorpční jednotku, chladicí věž, úpravnu vody, rozdělovač chladicí věže. Zahrnují náklady na projekci, montáž a příslušenství. [25]

Tab. 17 Pořizovací náklady na pořízení absorpční jednotky [25]

Pořizovací náklady	
Absorpční jednotka BDH35XI75	1 250 000 Kč
Chladicí věž	140 000 Kč
Úpravna vody	180 000 Kč
Rozdělovač chladicí věže	95 000 Kč
Projekce, montáž a příslušenství	850 000 Kč
Celkem:	2 515 000 Kč

Z tabulky Tab. 17 jsou rozepsány jednotlivé pořizovací náklady na vytvoření trigeneračního provozu bioplynové stanice. Celkové pořizovací náklady činí 2 515 000 Kč, to ovšem nezahrnuje každoroční náklady na údržbu a spotřebu elektrické energie (pohon čerpadel). Náklady na roční údržbu se pohybují okolo 20 000 Kč. Spotřebovaná elektrická energie je pokryta vyrobenou elektrickou energií z kogeneračních jednotek. Náklady na pořízení a provoz absorpční jednotky nejsou malé, ale při pohledu na zvyšující se letní teploty se jedná o dobrou investici.

Vyrobený chlad z absorpční jednotky by byl převážně používán pro klimatizační účely. Klimatizovány by byly kancelářské a manipulační prostory v areálu farmy. Při přebytku chladu z absorpční jednotky by se chlad dodával do garáží, dílen a do vepřínů. Návrh chlazení vepřínů je jednou z preferovaných možností využití absorpční jednotky. V areálu farmy jsou vybudovány šachty, ve kterých je vedeno teplovodní potrubí. Do těchto šachet by bylo možno přidat potrubí, které by dopravovalo studenou vodu na místo spotřeby a zpět. Tento návrh společně s nainstalováním absorpční jednotky se plánuje do budoucna zřídit. Díky již vybudovaným šachtám dojde ke snížení pořizovacích nákladů.



Obr. 31 Chladírenský kontejner od firmy BRATŘI HORÁKOVÉ s.r.o. [27]

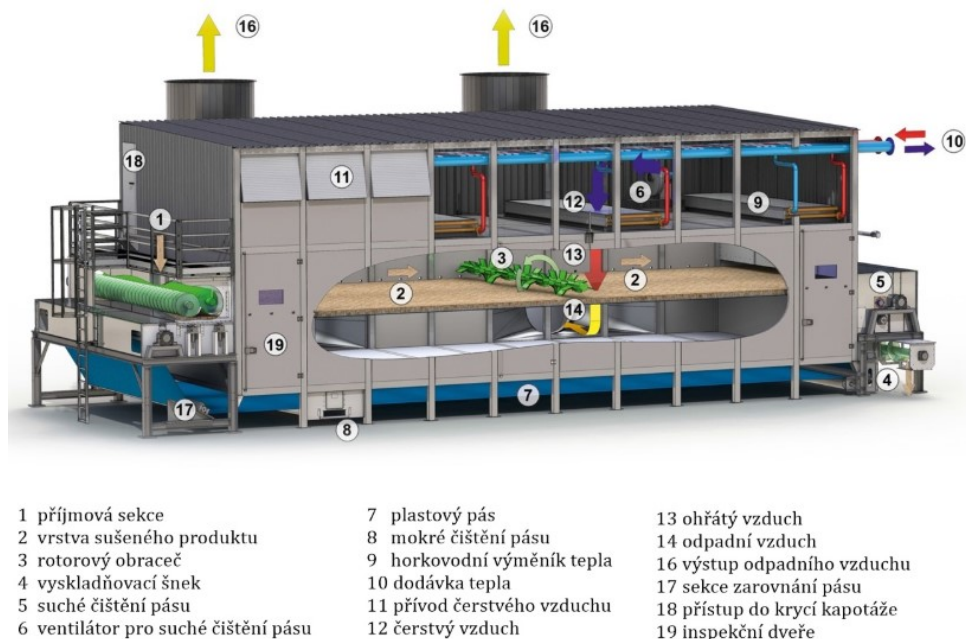
Další využití chladu vyrobeného absorpční jednotkou je pro chladírenské účely. Při pořízení chladírenského kontejneru by bylo možno uchovávat produkty, jak od farmy, tak od ostatních firem, v chladu. Na obrázku Obr. 31 je chladírenský kontejner od firmy BRATŘI HORÁKOVÉ s.r.o, cena je 415 460 Kč, bez DPH. Dosavadní produkty, které farmy vyrábí nepotřebují chladit, proto instalace zařízení pro chladírenské účely postrádá využití.

6.3 Výměna kogenerační jednotky

Ve vybrané bioplynové stanici jsou dvě výkonově rozdílné kogenerační jednotky. Porovnáním tabulek v příloze Příloha 2 (str. 56) a Příloha 3 (str. 57), lze dospět k závěru, že nejméně poruch zaznamenala kogenerační jednotka č. 1. Pokud by se při budoucí modernizaci vybavila bioplynová stanice dvěma typově stejnými kogeneračními jednotkami, např. dvěma kogeneračními jednotkami č.1, dosáhlo by se vyššího instalovaného elektrického a tepelného výkonu, ale i stejného typu náhradních dílů. Dovybavením velínu o nejčastěji poruchové díly kogeneračních jednotek, by došlo ke zkrácení času pro opravu kogeneračních jednotek. Cena budoucí modernizace a tím i ceny kogeneračních jednotek závisí na roku, kdy bude modernizace bioplynové stanice probíhat. Tato možnost zefektivnění provozu bude v budoucnu aplikována.

6.4 Sušení zemědělských komodit

Přebytečné teplo lze také využít pro provoz horkovzdušné sušárny. Horkovzdušná sušárna slouží k odstranění vlhkosti z obilovin, kukuřice nebo píce. Pro odstranění vlhkosti používají teplý vzduch, který je ohříván vyrobeným teplem z bioplynové stanice. Takto vysušené obilí a kukuřice se potom lépe skladuje. Horkovzdušné sušárny se vyrábí v několika provedeních: stacionární, pásové a žlabové. Pro příklad je na obrázku Obr. 32 uvedena pásová horkovzdušná sušárna od firmy STELA. [28]



Obr. 32 Pásová sušárna od firmy STELA [28]

Instalací horkovzdušné sušárny v areálu farmy by se spotřebovávalo více vyrobeného tepla z obou kogeneračních jednotek, čímž by se dosáhlo vyšší hospodárnosti jejich provozu. Následný provoz horkovzdušné sušárny by přispěl k lepšímu skladování vysušeného materiálu. Horkovzdušná sušárna by také byla využívána pro sušení tuhých odpadů z bioplynové stanice pro peletizační linku. Pořízením horkovzdušné sušárny by farma získala jednodušší skladování vysušeného materiálu a možnost rozšíření produkce o peletizační linku. Ceny za horkovzdušné sušárny nejsou přímo dané, záleží na přizpůsobení dané farmě. Proto nelze jednoznačně odhadnout cenu horkovzdušné sušárny pro mnou vybranou farmu. S realizací tohoto způsobu zefektivnění provozu kogeneračních jednotek v areálu farmy je v blízké budoucnosti uvažováno.

Závěr

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu provozu kogenerační jednotky s plynovým spalovacím motorem. Cílem této práce bylo teoreticky popsat kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Následně analyzovat a vyhodnotit provozní data získaná za dosavadní provoz bioplynové stanice.

Teoretická část se zaměřuje na problematiku kogenerace neboli na problematiku kombinované výroby elektřiny a tepla. Následně bylo popsáno rozdělení kogeneračních jednotek (KGJ) podle dvou kritérií – podle pohonu KGJ a podle provedení KGJ.

V praktické části byla zpracována data získaná při dosavadním provozu kogeneračních jednotek, které se nachází v malé obci na jižní Moravě. Poté došlo k analýze a vyhodnocení provozních dat, která byla získána za dosavadní provoz bioplynové stanice. Ze získaných dat lze posoudit hospodárnost, jak kogeneračních jednotek, tak i bioplynové stanice jako celku. Z takto zpracovaných dat byly navrženy možnosti zefektivnění provozu bioplynové stanice.

Z provozních dat bylo vyhodnoceno, že největší uplatnění mají kogenerační jednotky z prodeje elektrické energie do rozvodné sítě. Takto prodaná elektrická energie činí 91 % celkové vyrobené elektrické energie za všechny roky. Zbylých 10 % vyrobené elektrické energie bylo spotřebováno v areálu farmy. Na obrázku Obr. 26 (str. 41) je zřejmé, že největší část elektrické energie spotřebované v areálu farmy pochází z výroby kogeneračních jednotek.

Teplu, které se kombinovanou výrobou vyrobí, bylo z největší části zmařeno, jedná se o 85 % celkového vyrobeného tepla. Nejvíce tepla se zmařilo v letních měsících, a to proto, že farma teplo využívá pouze pro vytápění budov v areálu. Jednou z možností stabilnějšího odběru tepla i v letních měsících by bylo pořízení absorpční jednotky, která by dodávala chlad do vybraných objektů, a tím napomohla lepšímu hospodaření s teplem.

U výroby bioplynu bylo statisticky dokázáno, jak závisí jeho výtěžnost a kvalita na složení materiálu vstupujícího do fermentoru. Největší výtěžnosti bioplynu bylo dosaženo při různorodém složení vstupního materiálu, v průměru 918 t kukuřičné siláže, 621,14 t prasečí kejdy, 64,5 t travní senáže a 44,88 t šrotu. Toto složení mělo i kladný dopad na kvalitu bioplynu.

Poruchy bioplynové stanice jsou nepředvídatelné. Dojde-li k poruše na zařízení bioplynové stanice, musí dojít k odstávce. Jinak tomu je u kogeneračních jednotek, kde je nejčastější poruchou startér a turbodmychadlo. Pokud by obě kogenerační jednotky byly stejného typu, mohly by se tyto náhradní díly skladovat, a následně by při poruše byla zkrácena doba odstávky.

Kogenerační jednotky jsou jednoduchým způsobem, jak vytvářet elektrickou energii a teplo na jednom místě. Díky široké škále provedení kogeneračních jednotek, mohou být umístěny, jak v rodinných domech, tak i v průmyslu. Takovou multifunkčnost doplňuje i vysoká účinnost.

Literatura

- [1] DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-118-7.
- [2] KRBEK, Jaroslav a Bohumil POLESNÝ. *Kogenerační jednotky - zřizování a provoz*. Praha: Gas, 2007. GAS, 46. ISBN 978-80-7328-151-9.
- [3] *Jak funguje kogenerační jednotka* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/jak-funguje-kogenerace.html>
- [4] *Typy kogeneračních zařízení a jejich použití* [online]. 2013 [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.dotacni.info/typy-kogeneracnich-zarizeni-a-jejich-pouziti/>
- [5] *Kogenerační jednotka* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/kogeneracni-jednotka.html>
- [6] *Učinnost mikroturbíny* [online]. [cit. 2020-02-12] Dostupné také z: http://energetika.cvut.cz/wp-content/uploads/H_mikroturb%C3%ADna.pdf
- [7] *Systém přehřevu vzduchu* [online]. [cit. 2020-02-12] Dostupné také z: <https://www.bosch-industrial.com/cz/stranka-produkty/komponenty/komponenty-pro-parny-kotle/aph.html>
- [8] *O paroplynové energetice* [online]. [cit. 2020-02-15] Dostupné také z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/paroplynove-a-plynove-zdroje/informace-o-paroplynove-energetice/index.shtml>
- [9] *Bioplynové stanice* [online]. [cit. 2020-02-20] Dostupné také z: <https://www.farmtec.cz/bioplynove-stanice-154.html>
- [10] STRAKA, František a Michal DOHÁNYOS. *Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]*. 2. rozš. a dopl. vyd. Praha [i.e. Říčany u Prahy]: Gas, 2006. ISBN 80-7328-090-6.
- [11] JUNGA, Petr, Tomáš VÍTĚZ, Monika VÍTĚZOVÁ a Milan GERŠL. *Technika pro zpracování odpadů II*. 2015. ISBN 978-80-7509-208-3.
- [12] *Průvodce výrobou a využitím bioplynu* [online]. 2009 [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/pruvodce_vyrobou_vyuzitim_bioplyn_u.pdf
- [13] *Členění bioplynových stanic* [online]. [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: <https://www.bioplynovestanice.cz/cleneni-bps/>
- [14] KÁRA, Jaroslav. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Praha: VÚZT, 2007. ISBN 978-80-86884-28-8.
- [15] *Bioplynové stanice z pohledu výživy zvířat* [online]. 2013 [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/03/Studie-Zeman-bioplynky-na-web-2013.pdf>

- [16] *Mikrokogenerace TEDOM* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: http://www.cne.cz/e_download.php?file=data/editor/101cs_10.pdf&original=Mikrokogenerace+TEDOM.pdf
- [17] *Kogenerační jednotky KARLA ENERGIZE* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/6524760-Kogeneracni-jednotky-karla-energize.html>
- [18] *Kogenerační jednotky* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <http://www.motorgas.cz/cz/vyrobky/kogeneracni-jednotky/>
- [19] *Tradice Tradice Historie výroby kogeneračních jednotek úvod* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/17323924-Tradice-tradice-historie-vyroby-kogeneracnich-jednotek-uvod.html>
- [20] *Bioplynová stanice* [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.rolnicka-as.cz/index.php/bioplynova-stanice>
- [21] *Objemové hmotnosti produktů a materiálu* [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: http://www.agronormativy.cz/docs/5020001_rslt.html
- [22] *Kogenerační jednotky pro veřejný sektor. Odborné časopisy* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/konference/2017/Energie_pro_budoucnost_XXI_IBF_2017/03_Novak_AmperGeneration.pdf
- [23] *Kogenerační jednotky* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/cs/>
- [24] *VÝHODY A VYUŽITÍ TRIGENERACE* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/cs/vyhody-a-vyuziti-trigenerace/>
- [25] *Analýza zdrojů chladu pro administrativní budovu* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/74348/F1-DP-2018-Kracmar-Jan-Analyza%20zdroju%20chladu%20pro%20administrativni%20budovu%20-%20Jan%20Kracmar.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- [26] *Systémy společné výroby elektrické energie, tepla a chladu* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/6519-systemy-spolecne-vyroby-elektricke-energie-tepla-a-chladu>
- [27] *Kontejnerové boxy* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://horak-bros.com/produkty/kontajnerove-boxy/>
- [28] *PÁSOVÉ SUŠÁRNÝ STELA BTL* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.pawlica.cz/produkty/prumyslove-susicky/suseni-odpadnim-teplem/pasove-susicky-stela/susicky-stela-btl.html>

Přílohy

Seznam příloh:

Příloha 1 Podrobná tabulka poruch a odstávek bioplynových zařízení.....	56
Příloha 2 Podrobná tabulka poruch kogenerační jednotky č. 1	56
Příloha 3 Podrobná tabulka poruch kogenerační jednotky č. 2	57
Příloha 4 Tabulka dat z provozního deníku za rok 2015	56
Příloha 5 Tabulka dat z provozního deníku za rok 2016	57
Příloha 6 Tabulka dat z provozního deníku za rok 2017	58
Příloha 7 Tabulka dat z provozního deníku za rok 2018	59
Příloha 8 Tabulka dat z provozního deníku za rok 2019	60
Příloha 9 Technický list absorpční jednotky od firmy BROAD AIR CONDITIONING [25].....	61
Příloha 10 Fotografie velínu a dvojice kogeneračních jednotek (řešení v kontejneru)	62
Příloha 11 Fotografie motoru a generátoru kogenerační jednotky č. 1	63
Příloha 12 Fotografie dávkovacího zařízení a fermentorů	64
Příloha 13 Umístění dávkovacího zařízení a fermentorů	65
Příloha 14 Fotografie flér (pro maření bioplynu).....	66
Příloha 15 Fotografie technických parametrů kogenerační jednotky č.1	67
Příloha 16 Fotografie technických parametrů kogenerační jednotky č.2	68

Příloha 1 Podrobná tabulka poruch a odstávek bioplynových zařízení

Od	Do	Typ	Závada
11.07.2015	13.07.2015	Porucha	Dávkovací zařízení
12.08.2015	18.08.2015	Porucha	Směšovací pumpa
12.04.2016	13.04.2016	Porucha	Dávkovací zařízení
17.08.2016	19.08.2016	Porucha	Směšovací pumpa, centrální pumpa
12.03.2019	13.03.2019	Porucha	Dávkovací zařízení
26.03.2019	25.04.2019	Porucha	Dávkovací zařízení

Příloha 2 Podrobná tabulka poruch kogenerační jednotky č. 1

Od	Do	Typ	Závada
15.02.2015	11.03.2015	Porucha	Není uvedeno
24.03.2015	25.03.2015	Servis	
03.04.2015	08.04.2015	Porucha	Není uvedeno
11.07.2015	13.07.2015	Odstávka	
06.11.2015	11.11.2015	Porucha	Výměna turbodmyhadla
12.04.2016	13.04.2016	Odstávka	
08.08.2016	09.08.2016	Odstávka	
18.08.2016	19.08.2016	Odstávka	
18.10.2016	20.10.2016	Servis	
11.09.2017	12.09.2017	Odstávka	
23.09.2017	26.09.2017	Odstávka	
10.10.2017	13.10.2017	Odstávka	
12.03.2019	13.03.2019	Odstávka	
26.03.2019	25.04.2019	Odstávka	

Příloha 3 Podrobná tabulka poruch kogenerační jednotky č. 2

Od	Do	Typ	Závada
29.01.2015	30.01.2015	Servis	
01.03.2015	03.03.2015	Servis	
08.07.2015	09.07.2015	Odstávka	
12.08.2015	18.08.2015	Servis	
01.01.2016	07.01.2016	Servis	
30.03.2016	31.03.2016	Servis	
10.05.2016	11.05.2016	Odstávka	
31.07.2016	01.08.2016	Odstávka	
13.11.2016	17.11.2016	Porucha	Startér motoru
18.03.2017	19.03.2017	Odstávka	
10.04.2017	18.04.2017	Odstávka	
02.06.2017	27.06.2017	Porucha	Proražení bloku motoru
02.08.2018	03.08.2018	Odstávka	
12.03.2019	13.03.2019	Odstávka	
23.07.2019	25.07.2019	Porucha	Výměna turbodmyhadla
07.09.2019	08.09.2019	Porucha	Startér motoru

Příloha 4 Tabulka dat z provozního deníku za rok 2015

Rok: 2015												
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 190	853	813	1 057	1 361	1 309	1 079	921	982	1 336	1 072	1 356
Dodaná elektrická energie do sítě (MWh)	1 045	791	714	948	1 264	1 204	921	849	850	1 230	983	1 273
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	146	63	108	109	97	105	158	75	132	106	89	83
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,45	1,63	9,27	0,29	0,05	0,05	0,37	2,84	0,14	0,05	0,17	0,22
Vyrobená elektrická energie KGJ 1 (MWh)	666	349	377	557	787	794	560	547	468	776	566	826
Vyrobená elektrická energie KGJ 2 (MWh)	524	504	435	499	574	515	519	374	514	559	506	531
Vyrobená tepelná energie (GJ)	4 668	3 338	3 183	4 143	5 338	5 137	4 229	3 614	3 847	5 240	4 201	5 323
Spotřebované teplo (GJ)	1 558	1 119	1 020	921	578	225	115	164	186	652	905	1 023
Zmařená tepelná energie (GJ)	3 111	2 219	2 163	3 222	4 760	4 912	4 113	3 450	3 660	4 588	3 296	4 300
Doba provozu KGJ (h)	1 368	990	1 033	1 244	1 487	1 404	1 297	1 239	1 374	1 484	1 255	1 458
Vyrobený bioplyn (m ³)	527 348	390 267	392 271	483 898	595 303	574 235	485 164	407 799	429 583	584 409	507 465	597 916
Spálený plyn v KGJ 1 (m ³)	291 398	152 633	165 132	243 858	344 182	347 490	244 814	239 499	204 594	339 668	247 446	361 222
Spálený plyn v KGJ 2 (m ³)	229 355	220 434	190 444	218 505	251 121	225 225	227 181	163 485	224 989	244 742	221 379	232 194
Využitý bioplyn kogeneračními jednotkami (m ³)	520 753	373 067	355 576	462 363	595 303	572 715	471 994	402 984	429 583	584 409	468 825	593 416
Zmařený plyn ve flérách (m ³)	6 595	17 200	36 695	21 535	0	1 520	13 170	4 815	0	0	38 640	4 500

Příloha 5 Tabulka dat z provozního deníku za rok 2016

Rok: 2016												
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 260	1 308	1 278	1 173	1 395	1 183	977	982	1 209	1 293	1 276	1 435
Dodaná elektrická energie do sítě (MWh)	1 133	1 185	1 170	1 078	1 263	1 086	858	873	1 080	1 196	1 163	1 306
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	128	124	108	95	132	97	120	109	130	98	113	129
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,55	0,06	0,09	0,09	0,05	0,28	0,36	1,29	0,45	0,01	0,19	0,22
Vyrobená elektrická energie KGJ 1 (MWh)	850	794	810	655	811	669	472	468	755	722	831	870
Vyrobená elektrická energie KGJ 2 (MWh)	411	514	468	518	584	513	505	513	455	571	445	564
Vyrobená tepelná energie (GJ)	4 951	5 135	5 017	4 601	5 474	4 639	3 829	3 845	4 747	5 072	5 010	5 630
Spotřebované teplo (GJ)	1 474	1 316	1 335	1 130	799	52	308	245	289	852	848	937
Zmařená tepelná energie (GJ)	3 477	3 819	3 683	3 470	4 674	4 586	3 521	3 601	4 458	4 220	4 161	4 693
Doba provozu KGJ (h)	1 251	1 389	1 390	1 365	1 461	1 353	1 287	1 185	1 296	1 363	1 282	1 448
Vyrobený bioplyn (m ³)	553 060	574 037	568 172	513 214	610 426	518 151	433 173	434 010	552 095	571 708	562 957	635 028
Spálený plyn v KGJ 1 (m ³)	371 816	347 337	354 279	286 594	354 756	292 802	206 592	204 792	330 240	316 050	363 630	380 772
Spálený plyn v KGJ 2 (m ³)	179 629	225 081	204 868	226 621	255 671	224 599	221 021	224 648	198 870	249 808	194 513	246 921
Využitý bioplyn kogeneračními jednotkami (m ³)	551 445	572 417	559 147	513 214	610 426	517 401	427 613	429 440	529 110	565 858	558 142	627 693
Zmařený plyn ve flérách (m ³)	1 615	1 620	9 025	0	0	750	5 560	4 570	22 985	5 850	4 815	7 335

Příloha 6 Tabulka dat z provozního deníku za rok 2017


Rok: 2017												
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 431	1 171	1 285	1 013	1 204	842	1 381	1 327	1 004	1 196	1 309	1 286
Dodaná elektrická energie do sítě (MWh)	1 301	1 065	1 172	925	1 097	750	1 260	1 226	912	1 103	1 204	1 176
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	130	107	114	89	107	92	121	101	92	93	105	112
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,11	0,04	0,00	0,17	0,15	0,70	0,21	0,12	0,04	0,07	0,07	0,73
Vyrobená elektrická energie KGJ 1 (MWh)	867	665	758	653	684	812	823	791	482	660	784	756
Vyrobená elektrická energie KGJ 2 (MWh)	563	506	527	360	519	30	558	537	522	536	525	530
Vyrobená tepelná energie (GJ)	5 614	4 594	5 043	3 978	4 721	3 319	5 418	5 208	3 934	4 690	5 137	5 047
Spotřebované teplo (GJ)	1 306	1 171	1 130	877	713	160	256	255	358	605	1 114	1 188
Zmařená tepelná energie (GJ)	4 309	3 424	3 913	3 101	4 008	3 159	5 162	4 953	3 576	4 085	4 023	3 859
Doba provozu KGJ (h)	1 473	1 300	1 414	1 177	1 416	762	1 453	1 451	1 169	1 351	1 432	1 457
Vyrobený bioplyn (m ³)	628 175	513 180	562 437	443 233	527 131	381 113	604 833	584 656	484 713	531 985	572 701	563 033
Spálený plyn v KGJ 1 (m ³)	379 525	291 019	331 731	285 843	299 355	355 338	359 993	345 923	210 919	288 645	343 210	330 925
Spálený plyn v KGJ 2 (m ³)	246 396	221 406	230 646	157 391	227 181	12 915	244 125	234 793	228 349	234 570	229 491	231 893
Využitý bioplyn kogeneračními jednotkami (m ³)	625 920	512 425	562 377	443 233	526 536	368 253	604 118	580 716	439 268	523 215	572 701	562 818
Zmařený plyn ve flérách (m ³)	2 255	755	60	0	595	12 860	715	3 940	45 445	8 770	0	215

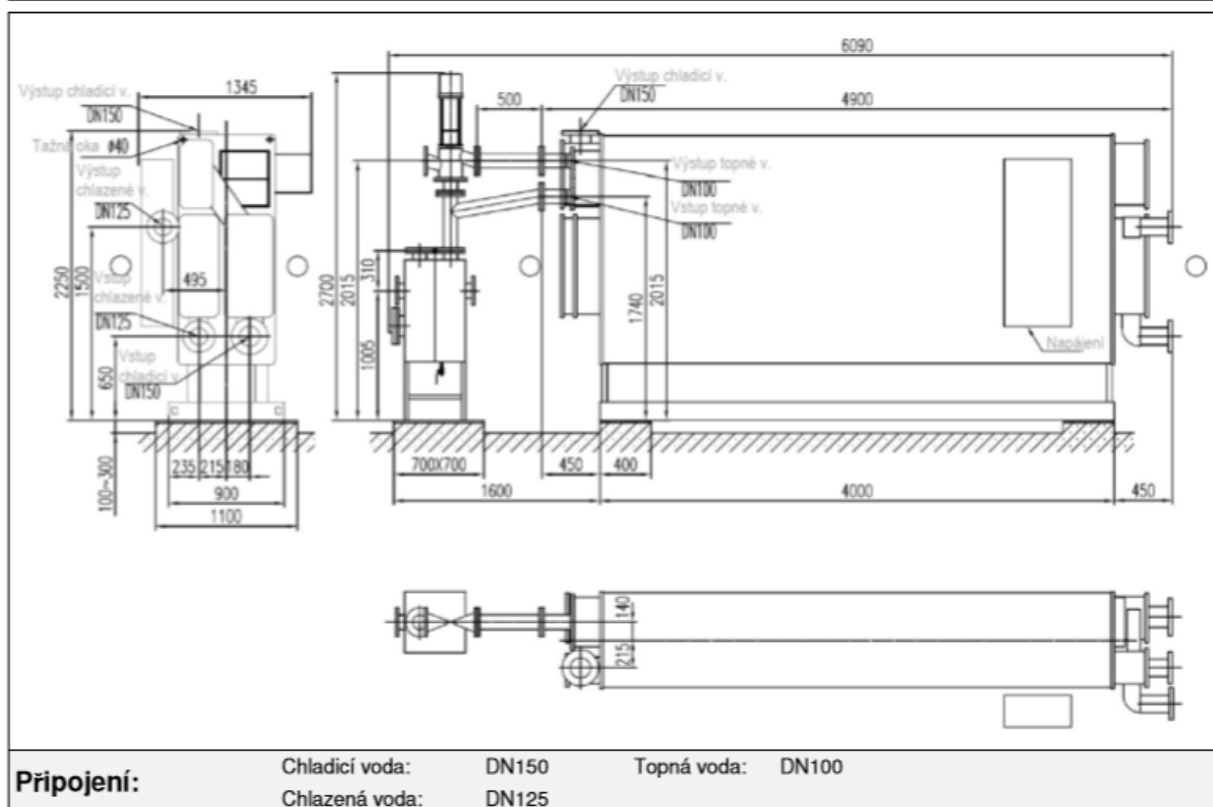
Příloha 7 Tabulka dat z provozního deníku za rok 2018

Rok: 2018												
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 267	1 201	1 324	1 212	1 301	1 241	1 174	1 085	1 212	1 287	1 245	1 265
Dodaná elektrická energie do sítě (MWh)	1 150	1 105	1 216	1 125	1 178	1 114	1 069	973	1 105	1 174	1 160	1 146
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	117	96	108	87	124	127	105	112	107	113	85	119
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,12	0,11	0,00	0,06	0,12	0,29	0,07	0,10	0,44	0,29	0,06	0,39
Vyrobená elektrická energie KGJ 1 (MWh)	785	717	791	714	760	720	678	621	708	749	718	719
Vyrobená elektrická energie KGJ 2 (MWh)	482	484	533	498	541	520	496	464	504	539	527	546
Vyrobená tepelná energie (GJ)	4 973	4 712	5 194	4 755	5 105	4 867	4 605	4 255	4 756	5 049	4 883	4 962
Spotřebované teplo (GJ)	1 135	1 092	1 160	487	277	183	150	138	211	420	493	738
Zmařená tepelná energie (GJ)	3 838	3 620	4 034	4 268	4 828	4 684	4 455	4 117	4 546	4 629	4 390	4 224
Doba provozu KGJ (h)	1 391	1 334	1 482	1 421	1 461	1 432	1 437	1 427	1 407	1 481	1 436	1 465
Vyrobený bioplyn (m ³)	560 958	525 419	579 123	532 596	572 978	542 767	515 348	478 315	530 403	563 141	544 704	553 504
Spálený plyn v KGJ 1 (m ³)	343 578	313 828	346 115	312 305	332 430	315 193	296 713	271 478	309 785	327 478	314 300	314 458
Spálený plyn v KGJ 2 (m ³)	210 735	211 562	233 008	217 901	236 893	227 574	216 891	203 123	220 618	235 594	230 344	238 967
Využitý bioplyn kogeneračními jednotkami (m ³)	554 313	525 389	579 123	530 206	569 323	542 767	513 603	474 600	530 403	563 071	544 644	553 424
Zmařený plyn ve flérách (m ³)	6 645	30	0	2 390	3 655	0	1 745	3 715	0	70	60	80

Příloha 8 Tabulka dat z provozního deníku za rok 2019

Rok: 2019												
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Vyrobená elektrická energie (MWh)	1 132	1 123	856	489	1 131	975	876	860	823	1 276	1 218	1 242
Dodaná elektrická energie do sítě (MWh)	1 025	1 015	771	423	1 031	883	778	765	711	1 157	1 115	1 107
Vlastní spotřeba elektrické energie (MWh)	107	108	91	68	100	93	99	96	112	119	103	135
Nakoupená elektrická energie (MWh)	0,08	0,11	5,86	2,07	0,08	0,21	0,71	0,88	0,73	0,05	0,52	0,35
Vyrobená elektrická energie KGJ 1 (MWh)	609	648	421	68	666	671	608	455	472	729	697	698
Vyrobená elektrická energie KGJ 2 (MWh)	523	475	435	420	466	304	268	405	351	547	521	544
Vyrobená tepelná energie (GJ)	4 438	4 404	3 352	1 905	4 438	3 832	3 441	3 372	3 227	5 005	4 776	4 871
Spotřebované teplo (GJ)	825	796	388	331	838	452	301	387	378	619	620	815
Zmařená tepelná energie (GJ)	3 613	3 609	2 965	1 575	3 600	3 381	3 141	2 985	2 849	4 386	4 156	4 056
Doba provozu KGJ (h)	1 470	1 336	1 166	782	1 456	1 328	1 344	1 403	1 329	1 475	1 420	1 444
Vyrobený bioplyn (m ³)	495 290	491 208	400 174	213 745	497 146	428 607	385 831	379 647	361 011	560 976	533 848	546 241
Spálený plyn v KGJ 1 (m ³)	266 420	283 360	184 153	29 943	291 235	293 598	265 895	199 115	206 483	319 025	304 763	305 445
Spálený plyn v KGJ 2 (m ³)	228 795	207 848	190 142	183 803	203 661	133 179	117 311	177 227	153 484	239 256	227 916	237 956
Využitý bioplyn kogeneračními jednotkami (m ³)	495 215	491 208	374 294	213 745	494 896	426 777	383 206	376 342	359 966	558 281	532 678	543 401
Zmařený plyn ve flérách (m ³)	75	0	25 880	0	2 250	1 830	2 625	3 305	1 045	2 695	1 170	2 840

 BROAD AIR CONDITIONING ABSORPČNÍ JEDNOTKY PRO CHLAZENÍ A VYTÁPĚNÍ		Technická data zařízení: BDH35XI75/95-34/28-7/14-50 Akce: Nabídka:	
Požadované parametry:		Technická specifikace	
Typ zařízení:	horkovodní	Průtok chladicí vody:	49 m³/h
Výkon chlazení:	402 kW	Průtok topné vody:	136 m³/h
Teplota chladicí vody:	7/14 °C	Tlaková ztráta:	80 kPa
Teplota topné vody:	34/28 °C	Účinnost chlazení COP:	0,73
Teplota chlazené vody:	75/95 °C	Množství teplé vody:	25 m³/h
Dostupné teplo:	550 kW	Spotřeba tepla:	550 kW
Počet zařízení:	1	Tlaková ztráta:	80 kPa
		Max. tlak ve výměnících:	0,8 MPa
		Napájení:	400/50/3 V/Hz/f
		Transportní hmotnost:	6 900 kg
		Provozní hmotnost:	8 400 kg



Připojení:	Chladicí voda:	DN150	Topná voda:	DN100
	Chlazená voda:	DN125		

Základní technický popis zařízení:

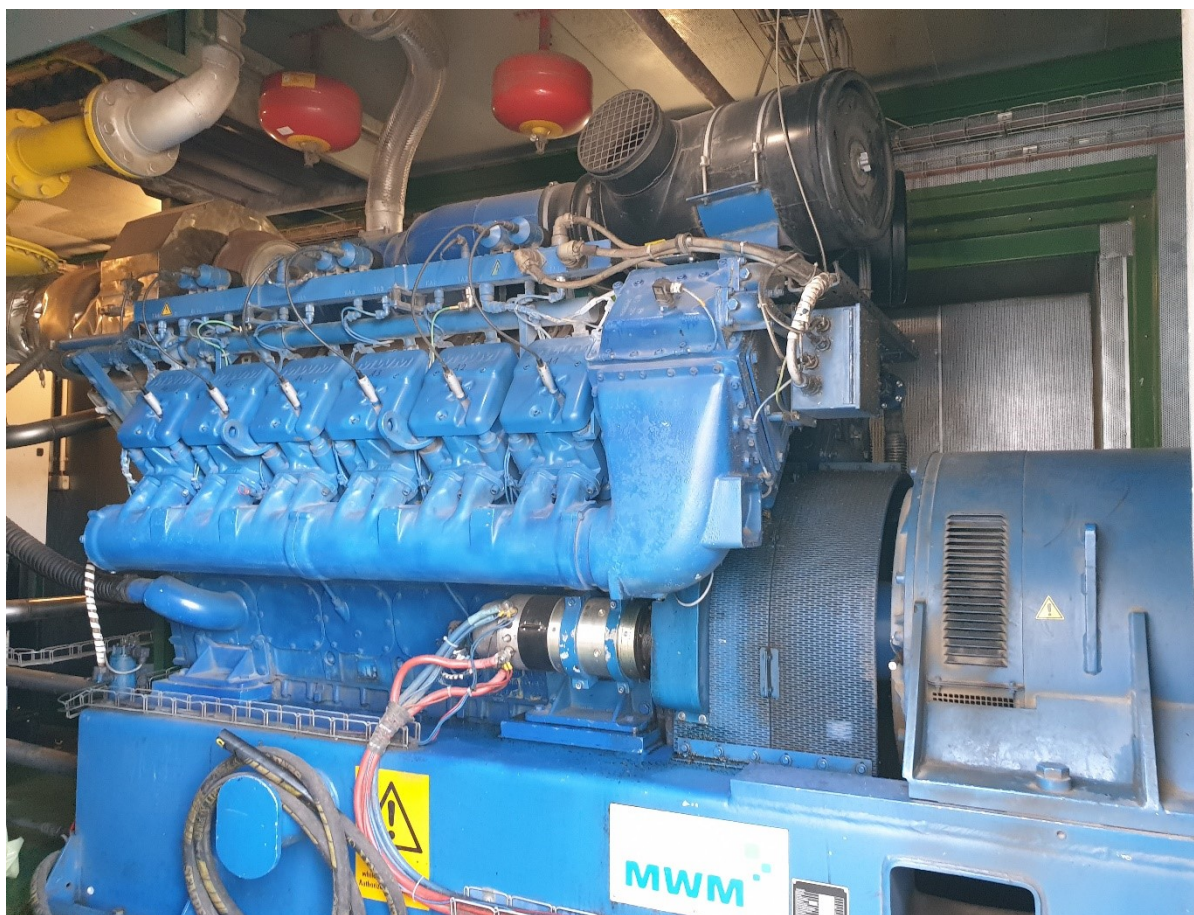
- * Výměníky chladicí a chlazené vody jsou tvořeny tenkostěnnými měděnými trubkami se zaválcovaným koncem do čel trubkovic zaručující naprostou těsnost a pevnost po celou dobu životnosti jednotky.
- * Čerpadla roztoku jsou hermetická, vybavena grafitovými ložisky. Na sání čerpadel jsou instalovány síta se samočisticím efektem. Výkon absorpčního a chladivového čerpadla je řízen frekvenčním měničem.
- * Všechny teplé a studené povrchy jsou již ve výrobě opatřeny tepelnou izolací odpovídající charakteristiky.
- * Zařízení je vybaveno PLC logikou OMRON, která zabezpečuje bezporuchový chod se vzdáleným dohledem.
- * V rozvaděči absorpční jednotky jsou umístěny stykače vnitřního okruhu absorpční jednotky, tak jako relátka pro beznapětové ovládání stykačů čerpadel příslušného hydraulického okruhu.
- * Pro řádný a bezporuchový provoz zařízení je nutno dodržet předepsané nominální provozní podmínky a zároveň dodržet požadovanou kvalitu cirkulační a doplňované vody.
- * Jednotky BROAD jsou dodávány s regulačním ventilem s havarijní funkcí na přívodu teplé vody zajišťující regulaci výkonu absorpční jednotky.

Dodavatel: SOKRA, s.r.o.				Razítko a podpis:
Vypracoval:	Radek Begeni	Dne:	10.5.2017	

Poznámka: Všechny rozměry jsou uvedeny v mm, výše uvedená data jsou předběžná a budou v případě objednání upřesněna výrobcem zařízení



Příloha 10 Fotografie velínu a dvojice kogeneračních jednotek (řešení v kontejneru)



Příloha 11 Fotografie motoru a generátoru kogenerační jednotky č. 1



Příloha 12 Fotografie dávkovacího zařízení a fermentorů



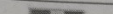

Příloha 13 Umístění dávkovacího zařízení a fermentorů



Příloha 14 Fotografie flér (pro měření bioplynu)

Engul, s.r.o., Robotnícka 14/9856, 036 01 Martin, Slovenská republika
tel: +421 43 424 3961 // fax: +421 43 424 3962 // e-mail: info@engul.sk // www.engul.sk


Engul³

	 AЯ80	KGJ engul 1500 AA^{①②}		Katalógový list
		Motor: MWM	Generátor: MARELLI	
		Druh paliva:		bioplyn vznikajúci anaeróbnym procesom v bioplynových staniciach

Zdrojový agregát [ZA]		engul 1500 AA
Celkový elektrický výkon	[kVA/kW _e]	1 486^① / 1 200
Menovité napätie	[V]	230 / 400
Menovitý prúd	[A]	2 145^① / 1 732
Frekvencia	[Hz]	50
Účinník	[cos φ]	0,8^① / 1,0
Elektrická účinnosť	[%]	41,4^① / 41,8
Spotreba paliva ^② (H _u = 19,7 MJ/nm ³)	[nm ³ /h]	525
Rozsah tlaku paliva min/max ^③	[kPa]	10
Motor MWM		
Typ		TCG2020 V12
Počet a usporiadanie valcov		12V
Vŕtanie x zdvih	[mm]	170 x 195
Systém nasávania vzduchu do motora		TW
Prietok nasávaného vzduchu do motora	[m ³ /min]	83,3
Prietok vzduchu pre odvetranie tepla zo ZA	[m ³ /min]	268
Objem oleja v motore	[l]	205
Objem externej doplňovacej nádrže oleja	[l]	500
Spotreba oleja	[l/h]	0,29
Typ chladickej kvapaliny		40% glykol-voda
Pracovná teplota motora	[°C]	80 ± 93
Teplota výfukových plynov – výstup z motora	[°C]	470
Hmotnostný prietok výfukových plynov	[kg/h]	6 448
Dovolený protitlak výfuk. plynov min/max	[mm H ₂ O]	305 / 509
Kapacita / Napätie štartovacej batérie	[Ah / V]	420 / 24
Vlastná spotreba KGJ	[kVA]	TBA^④
Alternátor MARELLI		
Typ alternátora		MJB 450 LB4
Menovitý výkon alternátora	[kVA/kW]	1 875 / 1 500
Tepelný blok [TB]		TB 1315 T
Celkový tepelný výkon	[kW _t]	1 315
Tepelný výkon okruhu MCH ^⑤	[kW _t]	94
Celková tepelná účinnosť	[%]	45,8
Prietok vzduchu pre odvetranie tepla z TB	[m ³ /min]	75,5
Celkový objem chladickej kvapaliny^⑥		
v primárnom okruhu	[l]	350
v okruhu MCH	[l]	200
Sekundárny okruh [SO]		
Typ kvapaliny SO		kotlová voda
Min / max vstupná teplota	[°C]	40 / 70
Maximálna výstupná teplota	[°C]	90
Prietok kvapaliny cez SO	[m ³ /h]	54,0
Menovitý tlak	[kPa]	240
Minimálny / maximálny tlak	[kPa]	180 / 600
Rezervný tlak čerpadla SO	[kPa]	30
Rozvádzače – rozmery š x v x h [mm] / hmotnosť [kg]^⑦		
Riadiaci rozvádzač RKG		1 000 x 2 000 x 400 / 180
Rozvádzač vyvedenia elektrického výkonu RF		1 600 x 2 100 x 600 / 250
Rozvádzač riadenia, monitorovania a ochrán motora TEM-EVO		800 x 1 200 x 300 / 80
Rozvádzač spínania / odpinania energetickej siete RFM		závisí od režimu prevádzky a požiadaviek zákazníka
Tlmiče hluku výfukových plynov – rozmery (DN) priemer x dĺžka [mm] / hmotnosť [kg]		
Priemyselný s útlmom -15dB(A)		(300) 608 x 2 750 / 246
Priemyselný s útlmom -30dB(A)		(300) 758 x 2 750 / 318
Pre obytné zóny s útlmom -45dB(A)		(300) 908 x 3 250 / 560

- ① – platí pre ostrovnú prevádzku
 - ② – spotreba paliva je určená v nm³/h a metánovom čísle, ktoré sa posudzuje pre každý výrobok individuálne. Jednotka (nm³) je definovaná podľa STN 386110 (teplota 0 °C; tlak plynu 101 kPa; relatívna vlhkosť 0 %)
 - ③ – tlak plynu musí byť presne nastavený na hodnotu z doporučeného rozsahu
 - ④ – TBA (bude oznámená dodatočne) – je závislá od konkrétnej aplikácie a konštrukčného vyhotovenia
 - ⑤ – MCH je nízkopotenciálny tepelný výkon okruhu medzichladienia plniacej zmesi motora; výkon je využiteľný do teploty 32°C – nutné definovať v objednávke; teplo je štandardne odvádzané chladiacou jednotkou MCH motora
 - ⑥ – platí pre kontajnerové vyhotovenie, pre umiestnenie v strojovni je potrebné počítať s objemom spojovacieho potrubia
 - ⑦ – rozmery rozvádzačov sú stanovené pre samostatnú KGJ a môžu sa meniť podľa druhu prevádzky, vyhotovenia a počtu KGJ
 - ① – druh prevádzky – je potrebné uviesť pri objednávaní. Jednotlivé druhy prevádzky sú uvedené v samostatnom dokumente TECHNICKÝ POPIS
 - ② – konštrukčné vyhotovenie – požiadavky na typ konštrukčného vyhotovenia je potrebné uviesť pri objednávaní. Jednotlivé druhy konštrukčného vyhotovenia sú uvedené na druhej strane a opísané v dokumente TECHNICKÝ POPIS
- ELEKTRICKÝ VÝKON (COP)** – je trvalý výkon podľa ISO 8528, ktorý je schopná KGJ dodávať počas roka trvalo neobmedzený počet hodín, pri stanovených prevádzkových podmienkach a pri dodržiavaní stanovených intervalov pre údržbu
- TEPELNÝ VÝKON** – stanovuje sa v súlade s...

Příloha 15 Fotografie technických parametrů kogenerační jednotky č.1

 	KGJ engul 1000 AA^{①②}		Katalógový list
	Motor: MWM	Generátor: MARELLI	
	Druh paliva:	bioplyn vznikajúci anaeróbnym procesom v bioplynových staniciach	
			Číslo: MMAA-531000-02SK

Zdrojový agregát [ZA]		engul 1000 AA	Tepelný blok [TB]		TB 864 T
Celkový elektrický výkon	[kVA/kW _e]	992 ^② / 800	Celkový tepelný výkon	[kW _t]	864
Menovité napätie	[V]	230 / 400	Tepelný výkon okruhu MCH ^③	[kW _t]	53
Menovitý prúd	[A]	1 432 ^② / 1 155	Celková tepelná účinnosť	[%]	45,9
Frekvencia	[Hz]	50	Prietok vzduchu pre odvetranie tepla z TB	[m ³ /min]	54,0
Účinník	[cos φ]	0,8 ^② / 1,0	Celkový objem chladiacej kvapaliny ^④		
Elektrická účinnosť	[%]	42,2 ^② / 42,6	v primárnom okruhu	[l]	240
Spotreba paliva ^⑤ (H _u = 19,7 MJ/nm ³)	[nm ³ /h]	344	v okruhu MCH	[l]	110
Rozsah tlaku paliva min/max ^⑥	[kPa]	6-20	Sekundárny okruh [SO]		
Motor MWM			Typ kvapaliny SO		kotlová voda
Typ		TCG2016 V16 C	Min / max vstupná teplota	[°C]	40 / 70
Počet a usporiadanie valcov		16V	Maximálna výstupná teplota	[°C]	90
Vŕtanie x zdvih	[mm]	132 x 160	Prietok kvapaliny cez SO	[m ³ /h]	43,6
Systém nasávania vzduchu do motora		TW	Menovitý tlak	[kPa]	240
Prietok nasávaného vzduchu do motora	[m ³ /min]	57,1	Minimálny / maximálny tlak	[kPa]	180 / 600
Prietok vzduchu pre odvetranie tepla zo ZA	[m ³ /min]	210	Rezervný tlak čerpadla SO	[kPa]	30
Objem oleja v motore	[l]	135	Rozvádzače – rozmery š x v x h [mm] / hmotnosť [kg] ^⑦		
Objem externej doplňovacej nádrže oleja	[l]	300	Riadiaci rozvádzač RKG	1 000 x 2 000 x 400 / 180	
Spotreba oleja	[l/h]	0,19	Rozvádzač vyvedenia elektrického výkonu RF	1 000 x 2 000 x 600 / 250	
Typ chladiacej kvapaliny		40% glykol-voda	Rozvádzač riadenia, monitorovania a ochrán motora TEM-EVO	800 x 1 200 x 300 / 80	
Pracovná teplota motora	[°C]	84 ± 91	Rozvádzač spínania / odpinania energetickej siete RFM	závisí od režimu prevádzky a požiadaviek zákazníka	
Teplota výfukových plynov – výstup z motora	[°C]	448	Tlmiče hluku výfukových plynov		
Hmotnostný prietok výfukových plynov	[kg/h]	4 348	– rozmery priemer x dĺžka [mm] / hmotnosť [kg]		
Dovolený protitlak výfuk. plynov min/max	[mm H ₂ O]	300 / 500	Priemyselný s útlmom -15dB(A)	(300) 608 x 2 750 / 246	
Kapacita / Napätie štartovacej batérie	[Ah / V]	286 / 24	Priemyselný s útlmom -30dB(A)	(300) 758 x 2 750 / 318	
Vlastná spotreba KGJ	[kVA]	TBA ^⑧	Pre obytné zóny s útlmom -45dB(A)	(300) 908 x 3 250 / 560	
Alternátor MARELLI					
Typ alternátora		MJB 400 LC4			
Menovitý výkon alternátora	[kVA/kW]	1 300 / 1 040			

- platí pre ostrovnú prevádzku
- spotreba paliva je určená v nm³/h a metánovom čísle, ktoré sa posudzuje pre každý výrobok individuálne. Jednotka (nm³) je definovaná podľa STN 386110 (teplota 0 °C; tlak plynu 101 kPa; relatívna vlhkosť 0 %)
- tlak plynu musí byť presne nastavený na hodnotu z doporučeného rozsahu
- TBA (bude oznámená dodatočne) – je závislá od konkrétnej aplikácie a konštrukčného vyhotovenia
- MCH je nízkopotenciálny tepelný výkon okruhu medzichladienia plniacej zmesi motora; výkon je využiteľný do teploty 32°C – nutné definovať v objednávke; teplo je štandardne odvádzané chladiacou jednotkou MCH motora
- platí pre kontajnerové vyhotovenie, pre umiestnenie v strojovni je potrebné počítať s objemom spojovacieho potrubia
- rozmery rozvádzačov sú stanovené pre samostatnú KGJ a môžu sa meniť podľa druhu prevádzky, vyhotovenia a počtu KGJ
- druh prevádzky – je potrebné uviesť pri objednávaní. Jednotlivé druhy prevádzky sú uvedené v samostatnom dokumente TECHNICKÝ POPIS
- konštrukčné vyhotovenie – požiadavky na typ konštrukčného vyhotovenia je potrebné uviesť pri objednávaní. Jednotlivé druhy konštrukčného vyhotovenia sú uvedené na druhej strane a opísané v dokumente TECHNICKÝ POPIS

ELEKTRICKÝ VÝKON (COP) – je trvalý výkon podľa ISO 8528, ktorý je schopná KGJ dodávať počas roka trvalo neobmedzený počet hodín, pri stanovených prevádzkových podmienkach a pri dodržiavaní stanovených intervalov pre údržbu podľa predpisov výrobcu

TEPELNÝ VÝKON

– stanovuje sa v súlade so stanovením elektrického výkonu podľa ISO 8528 kategória „B“. Je uvedený ako súčet využiteľného tepelného výkonu meraného na výstupe chladivového okruhu

Príloha 16 Fotografie technických parametrov kogeneračnej jednotky č.2